Beobachtungen über die Bildung von Schlechten und Drucklagen

Von der Technischen Hochschule zu Breslau
zur Erlangung der Würde eines Doktor-Ingenieurs genehmigte

DISSERTATION

Vorgelegt von

Dipl.-Ing. Konrad Ende aus Wattenscheid i. W.

Referent: Professor Dr. Spackeler

Korreferent: Professor Dr. Bederke

1929
Verlag Glückauf m. b. H., Essen

Sonderabdruck aus den Heften 48 und 49
des Jahrgangs 1929 der Berg- und Hüttenmännischen
Zeitschrift »Glückauf«.

Die Mithilfe des natürlichen Gebirgsdruckes ist von außerordentlicher Bedeutung für die mechanische Gewinnung eines Flözes. In jüngster Zeit haben in verschiedenen Bergbaugebieten eingehende Untersuchungen über das Problem des Gebirgsdruckes im Abbau stattgefunden mit dem Ziel, durch genaue Kenntnis seiner Entstehung eine gewisse Beherrschung dieser im Gebirge vorhandenen Naturgewalt zu erreichen. Wenn auch die Meinungen über den Ursprung sowie über die Art der wirksamen Kräfte verschieden sind, so wird doch als ihre Folgewirkung in allen Fällen übereinstimmend die Entstehung von mehr oder weniger deutlich ausgeprägten, unregelmäßig verlaufenden Absonderungsklüften hervorgehoben, die dem Bergmann das Eindringen in den Kohlenstoß mit Hilfe des Werkzeugs und damit das Hereinbrechen der Kohlenmassen erleichtern. In den Abbaubetrieben der Zeche Holland, die sich ausschließlich auf Flöze der untern Fettkohlengruppe erstrecken, lassen sich nach der Anordnung im Raum vornehmlich zwei Gruppen dieser Absonderungsklüfte oder Spaltflächen unterscheiden, nämlich die Schlechten, die unter einem spitzen Winkel das Flöz durchsetzen, und die parallel zum Kohlenstoß verlaufenden Drucklagen. Diese beiden Gruppen treten in den meisten Fällen zusammen auf, wobei bald die eine, bald die andere Art deutlicher und zahlreicher entwickelt ist. Zweck der vorliegenden Arbeit ist die Prüfung, ob die Entstehung der Schlechten und Drucklagen allein auf den im Abbau auftretenden Kräften beruht, oder ob sie, bereits als Spaltflächen in der Kohle vorhanden, durch die Abbaukräfte nur zur Öffnung gelangen, und durch welche Einwirkungen sie in diesem Falle gebildet worden sind.

Hauptsache aus lehmig-tonigen Kreidemergeln zusammensetzt und mit 2–3° südnördlich einfällt. Die Schichten des Steinkohlengebirges gehören dem Nordflügel des Wattenscheider Sattels an. Das Haupteinfallen von Süden nach Norden beträgt im steilern Feldesteil an der südlichen Markscheide 50–60°, in dem flachern Feldesteil an der nördlichen Markscheide 10–30°. Die Flöze gehören, abgesehen von dem an der nördlichen Markscheide auf eine Erstreckung von rd. 400 m nach Süden anstehenden untersten Teile der Gasflammkohlengruppe, die auf den obern Sohlen bereits abgebaut ist, der untern Fettkohlengruppe an. Der Abbau geht zurzeit auf der 8. und 9. Sohle um; es wird also nur in der untern Fettkohlengruppe, und zwar in sämtlichen Flözen von Flöz Sonnenschein bis Flöz August, gebaut.

Der Nordflügel des Wattenscheider Sattels ist mehrfach gestört. Etwa 1100 m nördlich der Sattelachse setzt eine Sonderfalte auf, die in den obern Teufen bis zu 250 m regelmäßig ausgebildet, dagegen in den mittlern Sohlen von vielen Störungen begleitet

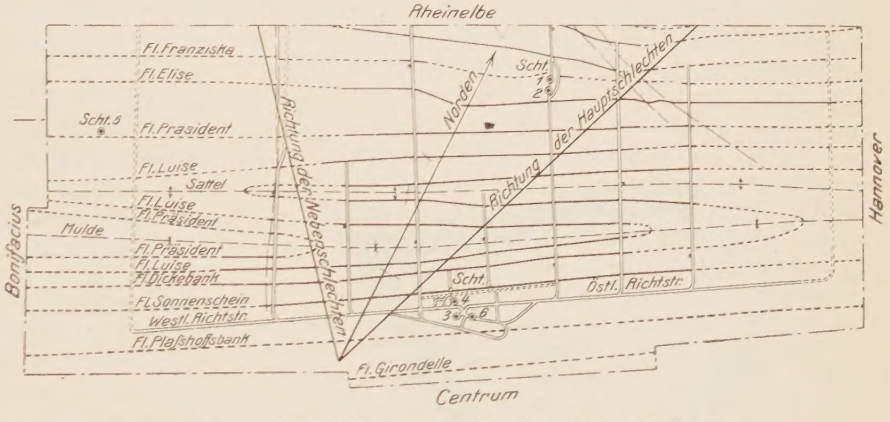


Abb. 1. Grundriß der 9. Sohle der Zeche Holland.

Die Lagerungsverhältnisse der Zeche Holland.

Das alte Grubenfeld der Zeche Holland hat eine Ausdehnung von rd. 1½ Maximalfeldern. Die Markscheiden bilden ein Rechteck, dessen Längsseiten parallel zum Hauptstreichen verlaufen (Abb. 1). Durch den bis zur 9. Sohle und einer Teufe von 835 m vorgedrungenen Grubenbetrieb ist der geologische Aufbau der Lagerstätte bis zur untern Fettkohlengruppe genau bekannt. Das Steinkohlengebirge wird von einer 70 m mächtigen Deckgebirgsschicht diskordant überlagert, die sich aus einer geringmächtigen Alluvial- und Diluvialdecke und in der

und sehr schlagwetterreich gewesen ist. Mit zunehmender Teufe lassen die mit der Sonderfalte verbundenen Störungen und der Schlagwetterreichtum wieder nach, so daß das Feld unterhalb der 7. Sohle, abgesehen von einer quer durch das Ostfeld auf der 8. Sohle sowie auf der 9. Sohle durchsetzenden Querverwerfung mit einer seigern Verwurfshöhe von etwa 10 m größter Ausdehnung, nur von einigen für den Abbau mehr oder weniger hinderlichen, aber sonst durchweg bedeutungslosen Sprüngen durchsetzt wird. Auf der 9. Sohle ist neuerdings im Westfeld beim Auffahren der 3. westlichen Abteilung eine Querverwerfung aufgeschlossen worden, die fast parallel zum Querschlag verläuft. Ihre Verwurfshöhe beträgt im Süden zu Beginn ihres Hervortretens 2–3 m und

hat, soweit der Aufschluß reicht, bis auf 15 m zugenommen. Infolge der Sonderfaltung ist der Kohlenreichtum trotz der geringen Ausdehnung des Feldes sehr groß, weil die einzelnen Flöze in drei Flügeln auftreten. Die Mächtigkeit der bauwürdigen Flöze schwankt von 0,70 bis zu 2,20 m. Abgesehen von geringen Veränderungen der Flözmächtigkeit, die man in streichender Erstreckung durchweg beobachtet, beträgt in einzelnen Flözen der durch die wechselnde Stärke der Bergemittel hervorgerufene Unterschied in den drei Flügeln bis zu 50 cm. Die Flöze folgen aufeinander in einem Abstand von 5–120 m.

Als Nebengestein findet man Sandstein, Sandschiefer und Tonschiefer. Bei den Tonschieferschichten ist zwischen den normalen festern Schieferschichten und den bis zu 5 m starken mürben, gebrächen Schieferpacken zu unterscheiden, die in den Flözen August und Jakob das unmittelbare Hangende bilden. Das Hangende der zurzeit im Abbau befindlichen Flöze besteht vorwiegend aus Sandstein, in geringerm Maße aus Sand- und Tonschiefer. In streichender Erstreckung sind Mächtigkeit und Zusammensetzung des Nebengesteins gewissen Schwankungen unterworfen. Es finden Übergänge von Schiefer zu Sandschiefer statt und umgekehrt. Die Sandsteinschichten lassen sich durch das gesamte Grubenfeld verfolgen, allerdings ebenfalls mit schwankender Mächtigkeit. Bei einzelnen Flözen sind unmittelbar unter der Sohle in einer Entfernung von 1–3 m dünne Kohlenstreifen abgelagert.

Die Schlechten.

Verlauf der Schlechten.

Die vornehmlich im Abbau und zum Teil in Vorrichtungsbetrieben angestellten Untersuchungen über den Verlauf der Schlechten haben ergeben, daß sie in sämtlichen Flözen vorhanden sind. Wie bereits

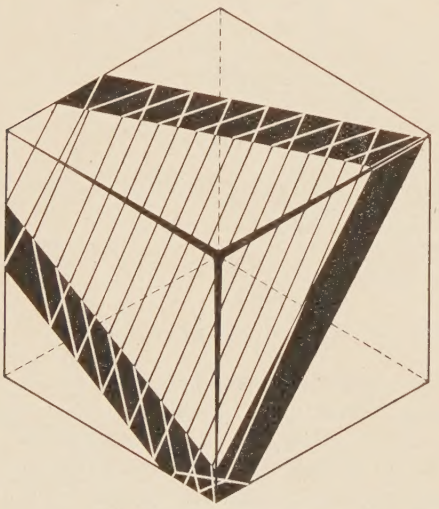


Abb. 2. Verlauf der geologischen Hauptschlechten.

erwähnt, durchsetzen sie spitzwinklig das Flöz (Abb. 2). Auf den hellglänzenden, leicht wellenförmig ausgeprägten, aber sonst glatten Flächen sind feine Kalkspatbeläge abgeschieden. Die Anordnung der Schlechten im Raum zeigt eine gewisse Regelmäßigkeit. Nach der Streichrichtung kann man zwei Arten unterscheiden, nämlich solche, die durchschnittlich um 20° von der Nordsüdrichtung nach Nordosten, und solche, die um 30–40° von der Nordsüdlinie nach Nordwesten abweichen. Die ersten überwiegen bei weitem und sollen weiterhin als Hauptschlechten, die annähernd senkrecht dazu verlaufenden als Nebenschlechten bezeichnet werden (Abb. 3 und 4). In der Mehrzahl der Betriebe sind fast ausschließlich Hauptschlechten zu finden. Die Nebenschlechten werden

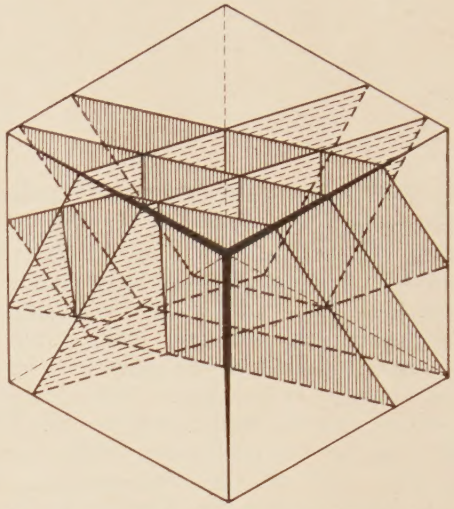


Abb. 3. Gemeinsames Auftreten von Hauptschlechten mit östlichem und Nebenschlechten mit westlichem Einfallen.

nie allein, sondern stets in Verbindung mit den Hauptschlechten beobachtet. An denjenigen Stellen, an denen Haupt- und Nebenschlechten gemeinsam auftreten, verläuft der Kohlenstoß zickzackförmig (Abb. 5). Der Abstand, in dem Haupt- und Nebenschlechten aufeinander folgen, schwankt von 40 bis zu 80 cm. Je mächtiger ein Flöz ist, desto größer ist der Abstand zwischen zwei benachbarten Schlechten.

Die Hauptschlechten fallen sowohl im Nordflügel als auch im Südflügel meist mit 70–80° nach Osten, die Nebenschlechten unter denselben Winkeln nach Westen ein (Abb. 3). In einzelnen Betrieben sind Hauptschlechten mit westlichem, Nebenschlechten mit östlichem Einfallen festgestellt worden (Abb. 4), z. B. fast ausschließlich in einigen Sattelbetrieben des Ostfeldes der 2. östlichen Abteilung. Zuweilen treten in einem Streb, wenn auch nur selten, Haupt- und Nebenschlechten mit beiderseitigem Einfallen hervor. Dabei ist es in manchen Fällen zweifelhaft,

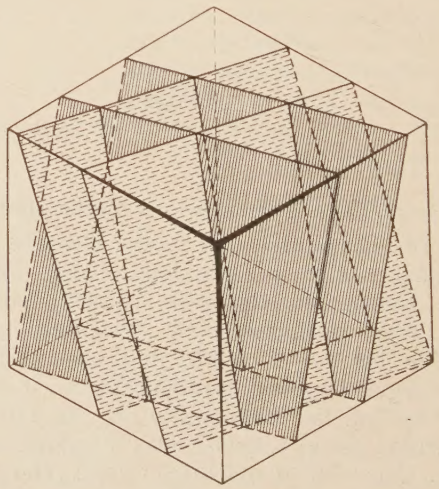


Abb. 4. Gemeinsames Auftreten von Hauptschlechten mit westlichem und Nebenschlechten mit östlichem Einfallen.

nach welcher Richtung die betreffende Schlechte einfällt. Während der obere Teil einer Hauptschlechte das normale östliche Einfallen zeigt, neigt sich der untere nach Westen. Die gleiche Erscheinung ist bei den Nebenschlechten zu beobachten.

Der Verlauf der Haupt- und Nebenschlechten im Abbauraum wechselt je nach dem Flözeinfallen. In den nach Norden einfallenden Flözen verlaufen die

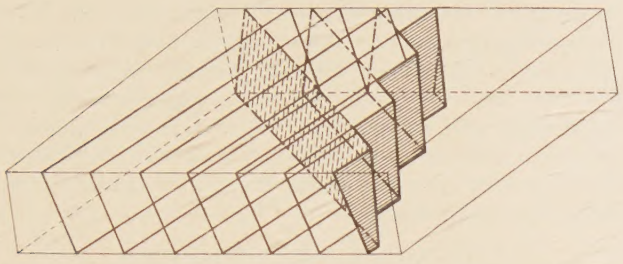


Abb. 5. Verlauf eines Abbaustoßes bei gemeinsamem Auftreten von Haupt- und Nebenschlechten.

Hauptschlechten, von oben nach unten betrachtet, von Südwesten nach Nordosten (Abb. 6). Hieraus ergibt sich, daß der Bergmann bei zweiflügeligem Abbau in den östlichen Streben in der Streichrichtung der Hauptschlechten, in den westlichen Streben gegen die Streichrichtung vorrückt. In den nach Süden einfallenden Flözflügeln verlaufen sie, von oben nach unten betrachtet, von Nordosten nach Südwesten, und entsprechend ist ihre Lage im Abbauraum. Somit arbeitet der Bergmann auf der Westseite in der Streichrichtung der Hauptschlechten und auf der Ostseite gegen ihre Streichrichtung. Diese ist selbstverständlich in beiden Fällen gleich geblieben; nur das entgegengesetzte Einfallen bringt den abweichenden Verlauf im Abbauraum mit sich, was man bei dessen Festlegung berücksichtigen muß. Bei den Nebenschlechten treten dieselben Veränderungen in bezug auf den Verlauf im Abbauraum in den nach verschiedener Richtung einfallenden Flözflügeln hervor.

Sowohl die Haupt- als auch die Nebenschlechten sind in Flözen mit Bergemitteln weniger deutlich ausgeprägt. In den meisten Fällen setzen sie an dem Bergemittel ab, wie sich besonders gut in den Flözen August und Franziska beobachten läßt. Geöffnete Schlechten treten vorzugsweise in der Unterkohle, zuweilen auch in der Oberkohle auf, erscheinen aber in den einzelnen Bänken als gegeneinander verschoben und sind niemals von einer Bank über das Bergemittel in die andere zu verfolgen. Schon in Flözen, die in mehreren, nur durch schmale Schieferstreifen getrennten Bänken abgelagert sind, setzen die Schlechten zuweilen an diesen ab, so daß sie in den

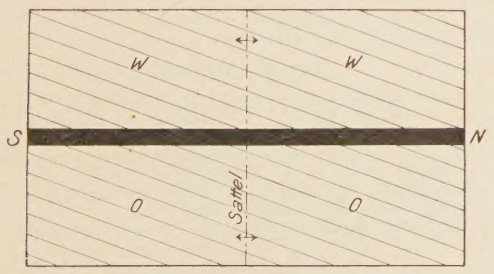


Abb. 6. Anordnung der Schlechten im Abbauraum im Nord- und Südflügel eines Flözes.

mittlern Bänken zwischen zwei Bergemitteln nicht zum Vorschein kommen.

Der regelmäßige Verlauf der Schlechten in sämtlichen Flözen des Grubenfeldes der Zeche Holland läßt vermuten, daß die Beobachtungen für den gesamten Ruhrbezirk Geltung haben.

Auftreten der Schlechten in Beziehung zum Nebengestein und zum Einfallen der Flöze.

Die Schlechten sind in den einzelnen Flözen je nach der Beschaffenheit des Nebengesteins und dem Einfallen der Flöze verschieden entwickelt. In den flachgelagerten Flözen mit Sandsteinhangendem und Schieferliegendem — Flöze, deren Hangendes und Liegendes aus Sandstein besteht, sind in dieser Gruppe nicht vorhanden — hängt die Regelmäßigkeit ihres Auftretens und der Grad ihrer Ausbildung davon ab, wie weit der Abbau in dem betreffenden Flöz vorgeschritten ist. Bei diesen Nebengesteinverhältnissen kann man deutlich die Entwicklung der Schlechte vom feinen Riß bis zum Spalt von mehreren Millimetern Breite verfolgen. Beim ersten Aufhauen in einem neu aufgeschlossenen Flöz einer Abteilung sind keine Schlechten sichtbar. Die Kohle ist fest, zeigt ein grobkörniges, kristallines Gefüge und hat einen grauen, metallischen Glanz. Der Zustand der Kohle ändert sich erst mit fortschreitendem Abbau nach dem ersten Setzen des Hangenden. Erst dann kündigt sich das Vorhandensein der Schlechten durch das Auftreten schmaler Risse an. An diesen platzen nach und nach kleine Kohlenteilchen ab, und es zeigen sich die glatten Absonderungsflächen des von zwei Schlechten begrenzten Kohlenkörpers. Zunächst gelingt es nicht sogleich, von dem schmalen Riß aus die glatte Absonderungsfläche weiter frei zu legen. Beim Eindringen mit dem Abbauhammer auf dieser Fläche in den Stoß zeigt die Kohle unmittelbar dahinter wieder ihr körniges Gefüge. Erst allmählich mit fortschreitender Entwicklung zu einem Spalt von mehreren Millimetern Breite lassen sich die Schlechten tiefer in den Kohlenstoß hinein verfolgen, aber niemals, wie wiederholt in verschiedenen Flözen durch Einbrechen in den Kohlenstoß in Richtung der Schlechten festgestellt worden ist, weiter als 1,50 m, und zwar ist genau zu beobachten, wie sich mit dem Vorrücken in den Stoß die Ausdehnung des Spaltes stetig verringert. Die Zeit, welche die Schlechten zu ihrer Entwicklung vom feinen Riß bis zum Spalt von einigen Millimetern Breite benötigen, ist verschieden; sie verkürzt sich anfänglich nach jedem weitern Setzen des Hangenden und bleibt nach dem dritten Setzen gleichmäßig. In der ersten Zeit sind hierzu noch einige Tage erforderlich, je weiter der Abbau jedoch vordringt, desto schneller vollzieht sich dieser Vorgang, und schließlich dauert er nur noch einige Stunden. Das Öffnen der Schlechten ist nicht nur sichtbar, sondern auch hörbar, da es von einem mäßigen Knistern begleitet wird. In diesen Flözen mit Sandsteinhangendem und Schieferliegendem ist die regelmäßige Aufeinanderfolge der Schlechten im Abstand von 60–80 cm hervorzuheben, aber nur bis zu einer gewissen Zeit. Nachdem die Schlechtenbildung mit fortschreitendem Abbau bei dem 3. bis 4. Setzen des Hangenden ihren Höhepunkt erreicht hat, treten sie wieder etwas zurück und werden von Drucklagen verdrängt, die von diesem Zeitpunkt an zum Vorschein kommen. Die Drucklagenbildung wird

zunächst mit dem Vorrücken des Abbaus immer stärker, und in entsprechendem Umfang vermindert sich die Zahl der geöffneten Schlechten, ohne daß sie jedoch gänzlich verschwinden.

In den flachgelagerten Flözen mit Schieferhangendem und Sandsteinliegendem — in dem flachen Nordflügel werden Flöze mit Schieferhangendem und Schieferliegendem nicht gebaut — ist die geschilderte fortschreitende Entwicklung der Schlechten nicht zu beobachten. Hier treten sie unmittelbar nach der Inangriffnahme eines Betriebspunktes gemeinsam mit den Drucklagen auf. Ihre Aufeinanderfolge ist unregelmäßiger und daher auch ihre Zahl beschränkter. Sofern sie aber zum Vorschein kommen, bilden sie deutliche Spalten von einigen Millimetern Breite. In ihrem Verlauf weisen sie geringe Veränderungen auf, was darauf zurückzuführen ist, daß sie stets von Drucklagen durchschnitten werden. Der Kohlenstoß eines Flözes mit den geschilderten Nebengesteinverhältnissen weist schon zu Beginn der Inbetriebnahme annähernd das gleiche Bild auf, wie es sich im Kohlenstoß eines Flözes mit Sandsteinhangendem und Schieferliegendem erst langsam mit fortschreitendem Abbau nach dem Auftreten von Drucklagen entwickelt.

Die Entwicklung der Nebenschlechten, die, wie bereits erwähnt, nur gemeinsam mit den Hauptschlechten und stets in geringerm Umfange auftreten, ist in den Flözen mit den geschilderten Verhältnissen des Nebengesteins und Einfallens die gleiche. Im allgemeinen setzen sie an den Hauptschlechten ab, während diese sie durchkreuzen. Die umgekehrte Erscheinung, daß die Nebenschlechten die Hauptschlechten durchsetzen, beobachtet man selten.

In der steil gelagerten südlichen Flözgruppe sind die Schlechten verhältnismäßig spärlicher und weniger deutlich entwickelt. In einem Streb von 30–40 m flacher Bauhöhe kommen zuweilen nur 3–4 geöffnete, durch dünne Risse erkennbare Schlechten zum Vorschein, so daß ein Unterschied in dem Grade ihrer Entwicklung in Flözen mit verschiedenen Nebengesteinverhältnissen nicht mehr festzustellen ist. In Flözen mit Sandsteinhangendem und Schieferliegendem zeigen sie sich ebenfalls erst nach dem ersten Setzen des Hangenden. Bis zu diesem Zeitpunkt ist die Kohle fest und muß geschossen werden. In Flözen mit Schieferhangendem und Sandstein- oder Schieferliegendem treten sie gemeinsam mit den Drucklagen unmittelbar nach der Inangriffnahme eines Betriebspunktes, aber stets in geringem Umfange auf.

Schlechten im Nebengestein.

Das Auftreten der Haupt- und Nebenschlechten beschränkt sich nicht auf die Kohle; sie sind auch im Nebengestein vorhanden, verlaufen hier in derselben Richtung und folgen in annähernd gleichem Abstand aufeinander. Auch im Nebengestein sind die Nebenschlechten genau wie in der Kohle schwächer entwickelt. Im Streb selbst können sie im Hangenden und Liegenden nicht festgestellt werden. Dagegen treten sie beim Nachreißen des Hangenden oder Liegenden in den Abbaustrecken deutlich hervor. Beim Auffahren einer Abbaustrecke im Flöz Präsident ist das an dieser Stelle nur 2 m tiefer abgelagerte Flöz Präsident-Unterbank freigelegt worden. Die Schlechten lassen sich von dem Liegenden des Flözes Präsident über das Flöz Präsident-Unterbank in das Liegende dieses Flözes hinein verfolgen. Man findet sie in sämtlichen Nebengesteinarten, im Schiefer, Sandschiefer und Sandstein. Am regelmäßigsten und deutlichsten sind sie in den dickbankigen, festern Sanden der Flöze Präsident und Elise ausgebildet, während sie in den dünnblättrigen Schiefern nur undeutlich hervortreten. Die Schlechten im Nebengestein sind auch beim Auffahren von Querschlägen festgestellt und hier von einem Stoß zum andern einwandfrei verfolgt worden. Treten in einem Streb die in entgegengesetzter Richtung einfallenden Haupt- und Nebenschlechten auf, so nimmt man diesen Wechsel des Einfallens auch im nachgeschossenen Liegenden oder Hangenden wahr. Demnach kann es nicht zweifelhaft sein, daß zwischen den Schlechten im Nebengestein und in der Kohle ein ursächlicher Zusammenhang besteht.

Entstehung der Schlechten.

Die Schlechten in der Kohle und im Nebengestein stellen von der Tektonik beeinflußte Klüfte dar. Sowohl aus der Technik als auch aus der Natur ist bekannt, daß unter der Wirkung einer gerichteten Druckkraft zwei Kluftpaare von Flächen größter Spannung auftreten können. Das eine Paar sind die Cloosschen Flächen, die immer senkrecht aufeinanderstehen und von denen die eine in der Druckrichtung, die andere senkrecht dazu streicht. Das andere Kluftpaar verläuft quer zu dem vorigen und heißt das Mohrsche. Die Winkel dieser Kluftgruppe werden von der Druckrichtung gehälftet. In der Natur ist das Kluftbild nicht immer vollständig entwickelt, bald fehlt ein Paar ganz, bald sind beide Paare nur einseitig entwickelt. Durch die Faltung tritt eine räumliche Verlagerung sämtlicher Klüfte ein, mit Ausnahme ihrer Anordnung in der Druckrichtung, die unverändert bleibt. Mit Hilfe des Wulffschen Netzes läßt sich jedoch der ursprüngliche räumliche Verlauf, die Streichrichtung und das Einfallen, vor der Faltung ermitteln. Man vermag also, aus den schichtendurchsetzenden Klüften auf Art und Richtung der Kraft zu schließen, die diese Erscheinung hervorgerufen hat. Planmäßige Untersuchungen dieser Art, die sich in erster Linie auf die Tektonik der Granitgebiete erstreckt haben, sind von Cloos[1] angestellt worden. Auf Sedimentgesteine haben Stieler[2] und Ebert[3] dieses als mikrotektonisch bezeichnete Untersuchungsverfahren angewandt. Frieser[4] berichtet eingehend über die gesetzmäßige Zerklüftung der Kohle in den Flözen der Falkenau-Elbogen-Karlsbader Braunkohlenmulde. Nach seinen Ausführungen sind in der Böhmischen Braunkohlenmulde nur die Klüfte in der Richtung des Druckes entwickelt, deren Entstehung Frieser auf einen von Südosten wirkenden Schub zurückführt.

In der Steinkohle werden die Klüfte durchweg als Schlechten bezeichnet. Im Grubenfelde der Zeche Holland sind, wie bereits erwähnt, zwei Arten von Schlechten beobachtet worden. Da Haupt- und Nebenschlechten sich nicht rechtwinklig schneiden, können sie nicht als Cloossches Flächenpaar angesprochen

[1] Cloos: Der Mechanismus tiefvulkanischer Vorgänge, 1921; Tektonik und Magma, Abh. Geol. Landesanst. N F 1922, H. 89.

[2] Stieler: Ein Beitrag zum Kapitel »Klüfte«, Zentralbl. Miner. usw. 1922, S. 664.

[3] Ebert: Beiträge zur analytischen Tektonik, Z. Geol. Ges. 1923, Bd. 75, S. 46.

[4] Frieser: Das herzynische Kluftsystem in den Kohlengründen von Falkenau, Elbogen und Karlsbad. Öst. Z. B. H. Wes. 1914, S. 225.

werden. Allein auf Grund der Tatsache, daß der Winkel der Schlechten nicht 90° beträgt, kann man auch nicht ohne weiteres die Behauptung aufstellen, daß es sich um die Mohrschen Flächen handelt. Da die Nebenschlechten fast senkrecht zur Streichrichtung der Flöze verlaufen, liegt die Vermutung nahe, daß sie die Cloosschen Flächen in der Richtung des Druckes darstellen. Die Hauptschlechten wären dann zu den Mohrschen Flächen zu rechnen. Im Rahmen des Untersuchungsgebietes läßt sich die Zugehörigkeit von Haupt- und Nebenschlechten zu den beiden bekannten Kluftarten nicht einwandfrei bestimmen. Man muß die Messungen über den Verlauf und das Einfallen der Schlechten auf größere Erstreckungen ausdehnen, und zwar zunächst auf Grubenfelder, die weniger stark von der Faltung betroffen worden sind und sich daher besser für mikrotektonische Untersuchungen eignen. Solange nicht einwandfrei feststeht, zu welcher Kluftart Haupt- und Nebenschlechten gehören, können auch keine Angaben über die Richtung der Kraft gemacht werden, welche die Schlechten erzeugt hat, eine Frage, die überdies hier nicht zur Erörterung steht. Ich muß mich mit der Feststellung begnügen, daß Haupt- und Nebenschlechten auf die Wirkung einer gerichteten Druckkraft zurückzuführen sind, und zwar müssen sie vor der Faltung gebildet worden sein. Für diese Auffassung spricht das gleichbleibende Streichen in sämtlichen Flözen und im Nebengestein sowie die Tatsache, daß sich die Schlechten auf einigen Sattelstrecken von einem Flügel über den Sattelkopf zum andern Flügel in gleicher Richtung verfolgen lassen. In den Querschlägen ist beobachtet worden, daß sie durch die aufgerichteten Gesteinbänke ohne jede Richtungsänderung hindurchsetzen. Auch die im Grubenfelde auftretenden Querverwerfungen lassen keinen Einfluß auf den Verlauf der Schlechten erkennen. Sind aber die Haupt- und Nebenschlechten vor der Faltung entstanden, so liegt die Vermutung nahe, daß dieselbe Kraft sie gebildet hat, von der die Faltung hervorgerufen worden ist. Zweifellos bieten die Haupt- und Nebenschlechten ein ausgezeichnetes Hilfsmittel zur Klärung der gesamten Faltungsfrage, über die bekanntlich noch verschiedene Auffassungen bestehen[1].

Das Vorhandensein der Schlechten selbst bietet noch keine Vorteile bei der mechanischen Kohlengewinnung, was sich besonders deutlich in den Flözen mit Sandsteinhangendem zeigt. Bei der Inangriffnahme eines Betriebes sind die Schlechten anfänglich kaum sichtbar; erst allmählich entwickeln sie sich vom feinen Riß bis zum millimeterbreiten Spalt und erleichtern dann dem Bergmann die Arbeit. Die Öffnung der Schlechten ist aber auf die durch den Abbau wachgerufenen Kräfte zurückzuführen, denen auch die Drucklagen ihre Entstehung verdanken.

Die Drucklagen.

Verlauf der Drucklagen.

Beim Vorhandensein von Drucklagen zeigt das Flöz einen völlig aufgelösten Verband (Abb. 7). Es ist von zahlreichen Rissen durchzogen. Durch sie wird der vormals feste Kohlenkörper in mehr oder minder starke Schalen und Platten zerlegt, die wie die Hauptrisse parallel zum Kohlenstoß und senkrecht zur Flözebene verlaufen und eine Breite bis zu 15 cm haben. Bei genauer Beobachtung kann man Trennungsspalten feststellen, die vom Hangenden ausgehen und nach dem Liegenden zu ausklingen,

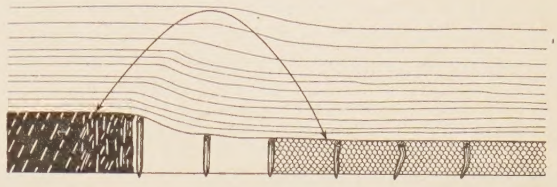


Abb. 7. Entstehung der Drucklagen.

sowie umgekehrt Risse, die im Liegenden beginnen und sich nach dem Hangenden zu schließen (Abb. 8 und 9). In Flözen, die Bergemittel enthalten, gehen die Drucklagen je nach der Mächtigkeit des Mittels teils durch dieses hindurch, teils setzen sie an ihm ab. Die Schlechten werden von den Drucklagen durchschnitten.

Drucklagen sind nicht nur in den Abbaubetrieben, sondern auch in den Abbaustrecken vorhanden, und zwar sowohl in solchen, die gemeinsam mit dem Abbau als auch in denen, die in das frische Feld vorgetrieben werden. Sie sind besonders deutlich am obern Streckenstoß zu beobachten und verlaufen hier parallel zur Streichrichtung des Flözes.

Auftreten der Drucklagen in Beziehung zum Nebengestein und zum Einfallen der Flöze.

Genau wie die Schlechten entwickeln sich die Drucklagen nicht in allen Flözen gleichmäßig. Die mehr oder minder vollendete Form ihrer Ausbildung hängt auch hier mit dem Nebengestein und dem Einfallen der Flöze zusammen. Deutlich ausgeprägte Drucklagen, durch die der Stoß in mehrere über- und nebeneinander liegende Schalen von verschiedener Stärke bis zu 15 cm zerlegt wird, finden sich hauptsächlich in dem flach gelagerten Flöz Ernestine mit Schieferhangendem und Sandsteinliegendem. Die Rißbildung verläuft hier deutlich vom Hangenden zum Liegenden. Auch bei der Drucklage läßt sich eine gewisse Entwicklung feststellen. Sie spielt sich jedoch schon zu Beginn der Inangriffnahme eines Abbaubetriebes in wenigen Stunden ab und ist wie das Öffnen der Schlechten an dem mäßigen Knistern des

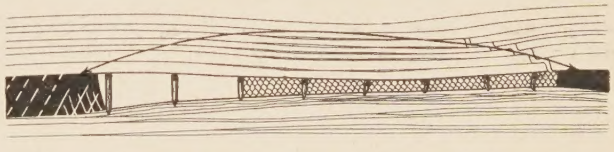


Abb. 8. Öffnung von Trennungsspalten beim Abbau von Westen nach Osten.

Kohlenstoßes wahrnehmbar. Je länger der Strebstoß bis zum nächsten Verhieb steht, desto stärker ist seine Zerstörung durch die Bildung von Drucklagen. Sie reicht, allmählich abnehmend, bis zu einer Entfernung von 1,50 m in den Stoß hinein.

Flöze mit Schieferhangendem und Schieferliegendem werden in dem flachen Nordflügel zurzeit nicht gebaut. Die Drucklagenbildung in Abbaubetrieben mit diesen Nebengesteinverhältnissen wird dieselbe

[1] Böttcher: Die Tektonik der Bochumer Mulde zwischen Dortmund und Bochum und das Problem der westfälischen Karbonfaltung, Glückauf 1925, S. 1145.

sein wie in Flözen mit Schieferhangendem und Sandsteinliegendem.

Weniger kennzeichnend treten die Drucklagen in den Flözen Präsident, Hermann und Elise mit Sandsteinhangendem und Schieferliegendem auf, wenigstens in der ersten Zeit nach der Inbetriebnahme des Strebs. Vor der Öffnung der Schlechten zeigen sie sich überhaupt nicht. Mit dem Hervortreten der

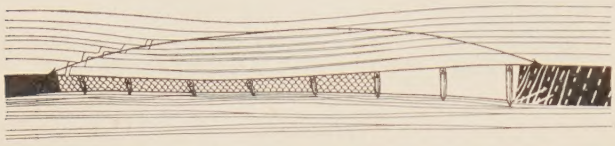


Abb. 9. Öffnung von Trennungsspalten beim Abbau von Osten nach Westen.

Schlechten entwickeln sich zugleich die Drucklagen, und zwar zunächst solche, die vom Liegenden ausgehen und nach dem Hangenden hin verlaufen. Ihre Bildung schreitet in dem gleichen Maße fort wie die der Schlechten vom feinen Riß bis zum offenen Spalt von einigen Millimetern Breite. Drucklagen, die ihren Ausgang vom Hangenden nehmen, entwickeln sich erst mit fortschreitendem Abbau nach mehrmaligem Setzen des Hangenden. Anfänglich prägen sie sich mit dem Vorrücken des Abbaus immer stärker aus, während die Schlechten, wie bereits erwähnt, hierdurch schwächer hervortreten, so daß sich der Kohlenstoß zuweilen kaum noch von einem Strebstoß mit Schieferhangendem unterscheidet.

In den steil einfallenden Flözflügeln ist die Bildung der Drucklagen sowohl in den Flözen mit Sandsteinhangendem als auch in denjenigen mit Schieferhangendem genau wie die Öffnung der Schlechten schwächer als in den flach einfallenden Flözflügeln. Der Kohlenstoß der steil gelagerten Abbaubetriebe wird von zahlreichen feinen Rissen durchzogen, ohne daß jedoch der Zusammenhang der einzelnen Teile völlig aufgehoben ist. Die Absonderung in neben- und übereinanderliegende Schalen kommt hier sehr selten zum Vorschein.

Beim Streckenvortrieb in Verbindung mit dem Abbaubetrieb sowie in das frische Feld zeigt sich in Flözen mit den geschilderten Nebengesteinverhältnissen derselbe Unterschied in der Bildung von Drucklagen wie in den Abbaubetrieben. In den Flözen mit Schieferhangendem tritt Drucklagenbildung sehr schnell ein und die Kohle ist leicht mit dem Abbauhammer zu gewinnen. In Flözen mit Sandsteinhangendem dagegen bleibt die Kohle bis zum ersten Setzen des Hangenden fest, was sich durch das Auftreten von Rissen zu beiden Seiten der Strecke bemerkbar macht. Beim Vortreiben von Flözstrecken in das frische Feld ist wiederholt beobachtet worden, daß man durch Nachschießen des Hangenden die Bildung von Drucklagen sofort herbeizuführen und auf diese Weise die Gewinnung der Kohle zu erleichtern vermag.

Die Entstehung der Drucklagen.

Frühere Forschungsergebnisse.

Zunächst sei auf einige in jüngster Zeit erschienene Arbeiten über die bei der Gewinnung im Abbau tätigen natürlichen Kräfte und die dadurch hervorgerufenen Bewegungsvorgänge hingewiesen[1]. Obgleich die Untersuchungen über das Problem des Gebirgsdruckes in den Arbeiten von Langecker und Gillitzer auf zwei geologisch völlig verschiedenen Lagerstätten stattgefunden haben, kommen doch beide annähernd zu der gleichen Erklärung des Ursprungs und Wesens der beim Abbau auftretenden wirksamen Druckkräfte und der dadurch geleisteten Arbeit.

Langecker stützt sich auf die Gebirgsdrucklehre von Willmann und Kommerell, die er sinngemäß auf die Verhältnisse beim Abbau überträgt. Das unverritzte Gebirge steht unter einer natürlichen Spannung, es herrscht eine gleichmäßige Druckverteilung, die infolge der Herstellung eines Hohlraums, sei es durch das Auffahren einer Strecke im Gestein oder durch den Abbau eines Flözes gestört wird. Durch die Veränderung dieses Gleichgewichtszustandes bildet sich zunächst im Hangenden und Liegenden ein von einer parabelförmigen Kurve begrenzter spannungsloser Körper, wodurch die Druckellipse oder das Druckgewölbe entsteht. Die bisher von dem Gestein des Hohlraums und des spannungslosen Körpers aufgenommenen Druckkräfte werden auf die benachbarten Stöße übertragen. Die früher allein unter der senkrechten Druckwirkung der Überlagerung stehenden Seitenstöße erhalten eine zusätzliche Kantenpressung, wodurch die Bildung von Drucklagen im Abbau hervorgerufen und damit die Vorbedingung für die wirtschaftliche mechanische Gewinnung des Flözes erfüllt wird. Die Größe des Druckzuwachses und der Kantenpressung hängt von der Zusammensetzung der Gebirgsschichten ab. Bei starrem Gestein erfolgt die Druckübertragung auf eine tiefer in den Flözkörper hineinreichende Fläche und die Kantenpressungen am Strebstoß halten sich in engern Grenzen als bei nachgiebigen, zähen Schichten, bei denen der Druck auf eine kleinere Fläche wirkt.

Gillitzer gibt für das Wesen des Gebirgsdruckes beim Abbau des Mansfelder Kupferschiefer-Flözes eine ähnliche Erklärung. Infolge des bogenförmigen Verlaufs der Abbaukante bildet sich hier über dem Abbauraum ein paraboloidisches Kuppelgewölbe von der Form eines Domes, dessen Vorhandensein er an dem Verlauf von Spaltenflächen im Zechstein einwandfrei nachweist. Die Spannkraft des Gewölbes überträgt auf die Abbaukante einen starken Druck, den sogenannten Kämpferdruck. Das Einfallen der Kämpfer des Gewölbes steigt mit fortschreitendem Abbau von 50 bis zu 90° an. Nach dem Einfallwinkel der Kämpfer richten sich die Druckwirkungen auf das Flöz. Bei 50° Einfallen sind sie am schwächsten, bei 90° am stärksten. Gillitzer weist nach, daß sich jeder Abbaubetrieb durch das Ansteigen des Einfallwinkels des Kämpfers in vier verschiedenen kennzeichnenden Profilen entwickelt. Die Kuppelgewölbe erreichen in gewissen Abständen ihre Streckgrenze und stürzen ein, ein Vorgang, der sich alle vier bis sechs Wochen wiederholt, aber ohne schädlichen Einfluß auf den Gang des Flözes bleibt, im Gegenteil ihn sogar durch die

[1] Langecker: Gebirgsdruckerscheinungen im Kohlenbergbau, erläutert an der Grube Hausham in Oberbayern, B. H. Jahrb. 1928, S. 25; Die Nutzbarmachung des Gebirgsdruckes für die Kohlengewinnung, Glückauf 1928, S. 1410. Haack: Die Beherrschung des Gebirgsdruckes, Glückauf 1928, S. 711. Spackeler: Die sogenannte Druckwelle, Glückauf 1928, S. 873; Der Nutzdruck als Abbaufolge, Glückauf 1929, S. 461. Gillitzer: Das Wesen des Gebirgsdruckes und dessen Ausnutzung beim Abbaubetriebe des Mansfelder Bergbaus, Glückauf 1928, S. 977.

Entwicklung von Zusatzkräften fördert, auf die hier nicht näher eingegangen werden soll. Diese günstigen Druckwirkungen machen sich jedoch nur bei bogenförmigem Verlauf der Abbaulinie geltend. Schon ein flacher werdender Verlauf infolge Zurückbleibens der Abbaulinie an einzelnen Stellen hat sofort einen ungünstigen Einfluß auf die Bildung der Drucklagen.

Auch Spackeler sieht in erster Linie die Ursache für die Zerklüftung der Kohle in der Drucksteigerung, welche die über dem Abbauraum hängenden Massen auf den Kohlenstoß ausüben. Die über dem Abbauraum entstehenden spannungslosen Körper bezeichnet er als Trompetersche Zonen, wobei er primäre und sekundäre unterscheidet. Die primäre Trompetersche Zone überspannt das ganze Baufeld von Kohlenstoß zu Kohlenstoß; sie erreicht und beeinflußt die Tagesoberfläche. Die sekundäre Zone entsteht über dem Abbauraum und dem unverfestigten Versatz dadurch, daß sich die durchgebogenen Schichten je nach ihrer petrographischen Beschaffenheit in einer gewissen Entfernung vom Kohlenstoß auf den Versatz legen, diesen zusammenpressen und den untern Schichten wieder ein gewisses Arbeitsvermögen geben. Der auf den Kohlenstoß wirkende Druck setzt sich aus dem der obern und dem der untern Schichten zusammen. In erster Linie ist die Entstehung der Drucklagen auf den Druck der untern erneut verfestigten Schichten zurückzuführen. Spackeler ist jedoch der Ansicht, daß der Zusatzdruck der über dem Abbauraum hängenden Massen nicht allein die Gewinnbarkeit der Kohle beeinflußt, sondern je nach den örtlichen Eigenschaften des Flözes und der unmittelbaren Schichten im Hangenden und Liegenden sekundäre Erscheinungen hervorruft, die erst die gewünschte Auswirkung des primären Druckes herbeiführen. Durch den primären Zusatzdruck tritt eine Störung des in unverritzten Gebirgsschichten herrschenden Gleichgewichtszustandes der Hangendschichten ein. Der Spannungszustand wird erheblich geändert, und durch die Bildung von Zonen verminderten oder erhöhten Druckes wandern die Gesteinmassen, die sich infolge der Teufenwirkung in einem latent plastischen Zustand befinden, von den Stellen höhern Druckes über der Kohle nach Stellen niedrigern Druckes über dem Versatz. Zugleich entsteht durch die Durchbiegung des Hangenden eine Senkungswelle, während die Wanderung des Nebengesteins im Hangenden und Liegenden die Öffnung der Drucklagen infolge Schleppung der Kohle einleitet. Das Zusammenwirken beider Vorgänge schafft die günstigsten Verhältnisse für die Bildung von Drucklagen. Sie ist jedoch an bestimmte Voraussetzungen, nämlich an die Beschaffenheit des Nebengesteins gebunden. Nachgiebige Schichten, im besondern Schieferton, fördern die Entwicklung der Senkungswelle im Hangenden. Bei nachgiebigen Schichten im Liegenden ist die Relativbewegung zwischen Nebengestein und Kohle besonders stark, die gebildeten Drucklagen können sich infolgedessen am stärksten öffnen. Bei den festern Gesteinarten wie Sandschiefer und bankigen Sanden wird die Bildung der Drucklagen schwächer, bis sie bei den massigen Sanden und Konglomeraten ganz aufhört, so daß eine wirtschaftliche mechanische Gewinnung der Kohle nicht mehr möglich ist.

Ergänzende Untersuchungen.

Die Bildung von Drucklagen in den Abbaubetrieben der Zeche Holland wurde zunächst an Hand der angeführten Theorien geprüft. Beobachtungen über das Wesen des Gebirgsdruckes nach der Auffassung von Gillitzer führten nicht zu dem gewünschten Erfolg. Spaltenbildungen, durch deren Verlauf auf das Vorhandensein eines Abbaugewölbes geschlossen werden könnte, hätten sich in den Richtstrecken zeigen müssen, sind aber nirgends zu beobachten gewesen. Man kann auch nicht annehmen, daß bei der Zusammensetzung des Nebengesteins in der untern Fettkohlengruppe, in der Sandstein-, Sandschiefer- und Schieferschichten wechsellagern, ähnlich deutlich ausgeprägte Rißbildungen wie in dem gleichartig zusammengesetzten Anhydrit bei Mansfeld auftreten werden. Ebensowenig haben sich Anhaltspunkte für die Entstehung der Senkungswelle gezeigt. Ihr Vorhandensein kann am besten bei Pfeilerrückbau mit Bergeversatz nachgewiesen werden, und diesem Abbauverfahren ähnliche Verhältnisse haben in zwei Sohlenbetriebspunkten der Flöze Dickebank und Ernestine vorgelegen. Das Hangende des Flözes Dickebank besteht aus Schiefer, das des Flözes Ernestine aus Schiefer oder Sandschiefer. Die untere Abbaustrecke dieser beiden Streben, die gleichzeitig als Wetterstrecke gedient hat, ist zu diesem Zweck bis an die nächstfolgende Abteilungsgrenze vorgetrieben worden. Die vorgenommenen Messungen haben keine Veränderungen der Mächtigkeit der beiden Flöze mit heranrückendem Abbau ergeben; die Entstehung einer Senkungswelle hat sich also hierdurch nicht nachweisen lassen. Dagegen beobachtet man vielfach die Wanderung der Liegendschichten in den Abbauraum hinein. Das Emporquellen des Liegenden im Abbauraum und in den Abbaustrecken ist in verschiedenen Flözen eine bekannte Erscheinung, und zwar besonders in den flachen Flügeln der Flöze Präsident, Elise, Hermann, August und Jakob. Der Vorgang wirkt im Streb günstig auf den Gang der Kohle ein, während er in den Abbaustrecken mit sehr unangenehmen Folgen verbunden ist. Die Stärke des Emporquellens der Liegendschichten hängt in den verschiedenen Flügeln desselben Flözes von dem Einfallen ab. Je steiler das Flöz einfällt, desto schwächer ist die Wanderung des Liegenden.

Demnach ist es nicht möglich, die Entstehung der Drucklagen in den Abbaubetrieben der Zeche Holland als die Folge einer Senkungswelle im Hangenden oder von Kämpferkräften eines sich über dem Abbauraum bildenden Gewölbes unmittelbar nachzuweisen. Man ist gezwungen, aus gewissen Vorgängen bei der Entstehung der Drucklagen unter besonderer Berücksichtigung der nähern Begleitumstände, wie z. B. der Beschaffenheit des Nebengesteins und seines Einfallens, die entsprechenden Rückschlüsse zu ziehen und aus diesen den Ursprung der Drucklagen zu deuten. Einige besonders kennzeichnende Beispiele dieser Art seien nachstehend wiedergegeben.

In der 5. westlichen Abteilung der 8. Sohle wird das Flöz August in drei übereinanderfolgenden Schüttelrutschenbetrieben von je 60 m flacher Bauhöhe abgebaut (Abb. 10). Das 2 m mächtige Flöz (Abb. 12) ist in mehreren Bänken abgelagert, die

durch schmale Schieferstreifen und ein Bergemittel getrennt sind. Das Liegende besteht aus Tonschiefer, das Hangende aus einer 5 m mächtigen, mürben Tonschieferschicht, über der mit festern Schieferbänken wechsellagernde Sandsteinbänke folgen. Das

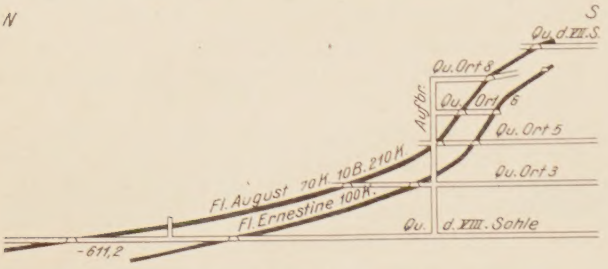


Abb. 10. Profil durch die 5. westliche Abteilung der Zeche Holland.

25 m unter Flöz August liegende Flöz Ernestine ist bereits abgebaut und infolgedessen die hangende Schieferschicht von Flöz August durch zahlreiche parallel zum Kohlenstoß verlaufende Schnitte völlig zerstört worden, die man nicht nur unmittelbar am Kohlenstoß oder dahinter, sondern auch in der Mitte zwischen den Feldern beobachtet. Wegen dieser Beschaffenheit des Hangenden wird schwebend verhauen; der Ausbau erfolgt durch nachgiebige eiserne Stempel. Der Unterschied zwischen der Mächtigkeit des Verhieb- und des Versatzabschnittes bei einem Abstand von zwei Feldern zwischen Kohlenstoß und Versatz beträgt im allgemeinen 80 cm. Um dieses Maß haben die eisernen Stempel teils nachgegeben, teils sind sie in das Liegende hereingedrückt worden. Ein Quellen des Liegenden ist nicht festzustellen. Trotz des völlig zerstörten Hangenden läßt sich die Kohle mit dem Abbauhammer gewinnen.

Ein entgegengesetztes Beispiel bot sich in demselben Flöz in der 1. westlichen Abteilung, wo während der Beobachtungszeit ein neuer Schüttelrutschenbetrieb von Ort 7 nach der 8. Sohle in Angriff genommen wurde (Abb. 11). Der darunterliegende Teil dieses Flözes wird gegenwärtig für den Abbau vorgerichtet. Das Liegende besteht aus Schiefer, das Hangende wird zunächst von der erwähnten mürben Tonschieferschicht gebildet, die

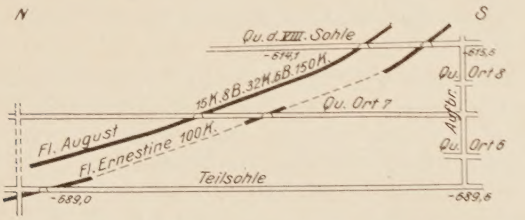


Abb. 11. Profil durch die 1. westliche Abteilung der Zeche Holland.

aber in dieser Abteilung nur eine Mächtigkeit von 1 bis 2 m aufweist. Darüber folgt Sandstein, der mit Sandschieferbänken wechsellagert. Die Abbauart ist auch hier streichender Strebbau mit schwebendem Verhieb. Auf Grund der schlechten Erfahrungen in der 5. westlichen Abteilung steht das Flöz Ernestine noch an und soll erst hinterher abgebaut werden. Der Abbaubetrieb war bereits 25 m zu Felde gerückt, ohne daß sich die geringste Drucklagenbildung zeigte. Auch die Schlechten waren nicht in geöffnetem Zustande vorhanden. Die Kohle mußte daher geschossen werden. Ein Quellen des Liegenden war weder im Streb noch in der Strecke selbst zu beobachten. Die eisernen Grubenstempel hatten nur einige Zentimeter nachgegeben. Nachdem der Abbau 25 m zu Felde gerückt war, erfolgte das erste Setzen der über dem mürben Schieferpacken abgelagerten Sandstein- und Sandschieferbänke. Schon 48 h später stellte man die ersten Wirkungen dieses Vorganges fest. Die bisher sehr feste Unterkohle zeigte, wenn auch in geringem Umfange, durch Schleppung des Liegenden geöffnete Schlechten, die von Tag zu Tag zahlreicher und stärker zur Vorschein kamen. Die Unterkohle konnte von diesem Zeitpunkt an mit dem Abbauhammer hereingewonnen werden, die Oberkohle blieb zunächst fest, ließ sich aber nach Unterschrämung der Unterkohle ebenfalls mit dem Abbauhammer gewinnen. Der Ausbau wurde von diesem Zeitpunkt an erheblich stärker beansprucht, der

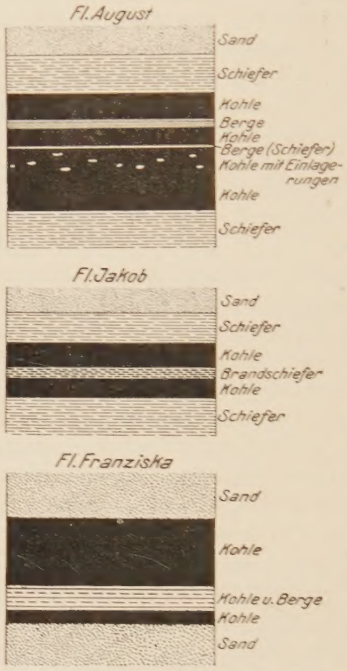


Abb. 12. Schichtenschnitt durch die Flöze August, Jakob und Franziska der Zeche Holland. M. 1 : 125.

Spitzenverzug bog sich stark und brach sogar vereinzelt durch. Eine Woche nach dem ersten Setzen machten sich die ersten Anzeichen für das Quellen des Liegenden in der Abbaustrecke bemerkbar.

Ähnliche Erscheinungen wie im Flöz August wurden bei der Inangriffnahme von Betrieben in den Flözen Jakob und Franziska beobachtet (Abb. 12). Das Flöz Jakob ist in zwei durch ein Bergemittel von 20 cm Mächtigkeit getrennten Hauptbänken abgelagert. Das Liegende besteht aus Schiefer, das Hangende aus einem mürben, gebrächen Schieferpacken, dessen Mächtigkeit zwischen 1 und 2 m schwankt, darüber folgt Sandstein. Vor dem ersten Setzen des Hangenden, das nach 15 m Abbaufortschritt eintrat, war die Kohle fest, danach erfolgte die Wanderung des Liegenden in den Abbauraum, die Schlechten öffneten sich, die vom Liegenden ausgehenden Drucklagen wurden sichtbar, die Unterkohle hatte einen guten Gang, während die Oberkohle mit dem Hangenden fest verwachsen, »angebrannt«, blieb, weil der Bewegungsvorgang des Liegenden an dem Bergemittel aufgehalten wurde.

Weitere Beobachtungen haben sich in diesem Betriebe, der infolge des starken Aschengehaltes der Kohle eingestellt werden mußte, nicht machen lassen.

Das Flöz Franziska hat eine Mächtigkeit von 1,70 m (Abb. 12). Auf die Unterbank von 20 cm Kohle folgt ein Bergemittel von 40 cm Mächtigkeit, darauf die Oberbank von 110 cm, über der teilweise ein Nachfall von 20 cm Mächtigkeit abgelagert ist. Hangendes und Liegendes bestehen aus Sandstein. In den steilern Flügeln können Unterbank und Bergemittel nicht abgebaut werden, in den flachen Flügeln ist dies jedoch möglich. Während in den steilern Flügeln die Kohle fest bleibt und nur in geringem Umfange Drucklagen und geöffnete Schlechten zeigt, so daß sie sich nur mühsam mit dem Abbauhammer hereingewinnen läßt, teilweise sogar geschossen werden muß, sind in dem flachen Flügel unmittelbar nach dem ersten Setzen des Hangenden infolge Wanderung des angebauten Bergemittels in den Abbauraum hinein geöffnete Schlechten und die vom Liegenden ausgehenden Drucklagen zu beobachten.

Die gleichen Vorgänge machen sich in sämtlichen Flözen mit Sandsteinhangendem und nachgiebigem Liegenden geltend. Vor dem ersten Setzen des Hangenden ist die Kohle fest und muß geschossen werden. Die Zeitdauer bis zum ersten Setzen des Gebirges ist je nach dessen Tragfähigkeit verschieden; es tritt ein, nachdem der Abbau 10 bis 25 m von der Abteilungsgrenze aus zu Felde gerückt ist. Nach dem ersten Setzen kommt langsam Gang in die Kohle, und es ist auch unmittelbar dahinter die Wanderung des Liegenden in den Abbauraum festzustellen. Hierdurch werden die Schlechten geöffnet und die vom Liegenden ausgehenden Drucklagen gebildet. Nach mehrmaligem Setzen beobachtet man in diesen Betrieben auch vom Hangenden ausgehende Drucklagen, die mit fortschreitendem Abbau an Zahl und Stärke zunehmen.

Schlußfolgerungen auf Grund der frühern und der eigenen Untersuchungsergebnisse.

Aus dem ersten der angeführten Beispiele geht hervor, daß sich die Bildung von Drucklagen in diesem Betrieb nicht auf die Entstehung einer Senkungswelle im Hangenden, die bei dem völlig zerklüfteten Gebirge unmöglich ist, zurückführen läßt. Eine Wanderung des durch den Abbau des Flözes Ernestine zerstörten Liegenden findet nicht statt und kann daher ebensowenig den guten Gang der Kohle hervorgerufen haben. Die andern Beispiele beweisen, daß die Wanderung nachgiebiger liegender Schichten, welche die Öffnung der Schlechten und die Bildung der vom Liegenden ausgehenden Drucklagen verursacht, nicht die Folge einer im Gestein vorhandenen Expansivkraft ist, da sie sonst bereits vor dem ersten Setzen des Hangenden hätte eintreten müssen. Sie kann daher nur als das Ergebnis statischer Druckwirkungen angesprochen werden. Dieser Umstand sowie die Tatsache, daß unter Verhältnissen, unter denen die Entstehung einer Senkungswelle unmöglich ist und auch keine Wanderung des Liegenden eintritt, die Kohle trotzdem einen guten Gang aufweist, berechtigen zu der Annahme, daß die Entstehung der Drucklagen in den Flözen der untern Fettkohlengruppe der Zeche Holland auf die Bildung eines Druckgewölbes über dem Abbauraum zurückzuführen ist, und zwar auf die zusätzliche Kantenpressung des Flözes durch die Kämpfer des Gewölbes. Gillitzer weist bereits darauf hin, daß im Gegensatz zu dem gleichartigen Anhydrit von Mansfeld, bei dem eine gewisse Gesetzmäßigkeit in der Entwicklung der Form der Druckgewölbe zu beobachten ist, sich bei Wechsellagerung von verschieden tragfähigen Schichten, wie z. B. von Tonschiefer und Sandsteinlagen, unregelmäßigere Formen der Druckgewölbe herausbilden werden. Es ist mit Sicherheit anzunehmen, daß sämtliche im Grubenfelde der Zeche Holland auftretenden Nebengesteinarten, wie Sandstein, Sandschiefer und auch die festern Schiefer, mit Ausnahme der mürben Schieferpacken in den Flözen August und Jakob, eine solche Tragfähigkeit und Elastizität besitzen, daß sie über dem Abbauraum ein Druckgewölbe zu bilden vermögen, welches je nach dem Grade dieser beiden Eigenschaften bei den einzelnen Gesteinarten voneinander abweichende Formen aufweisen wird. Die Entstehung des Gewölbes über dem Abbauraum hat man sich wie folgt vorzustellen. Als einleitender Vorgang tritt zunächst eine Absenkung der Hangendschichten ein, ohne die jede Gewölbebildung unmöglich ist. Die Tragfähigkeit und damit die Form eines Gewölbes richten sich nach dem Verhältnis der Pfeilhöhe zur Sehne; je größer dieses ist, desto größer ist seine Tragfähigkeit und desto steiler das Gewölbe. In Flözen mit Schieferhangendem hat die Sehne eine geringere Ausdehnung, weil hier eine Absenkung des Hangenden bereits bei einer Breite des Abbauraumes von 2 bis 3 Feldern (1 Feld = 1,50 m) zu beobachten ist. In Flözen mit Sandsteinhangendem findet das Setzen der Gebirgsschichten erst nach einem Abbaufortschritt von 10 bis 25 m statt. Die Sehne des Druckgewölbes hat daher bei diesem Nebengestein eine größere Ausdehnung. In erster Linie ist jedoch der Unterschied in der Spannung der Druckgewölbe der verschiedenen Gesteinarten auf die abweichende Pfeilhöhe zurückzuführen. In den flachgelagerten Abbaubetrieben mit Schieferhangendem pflanzt sich die durch die Absenkung des unmittelbaren Hangenden eingeleitete Abblätterung der darüber liegenden Schichten beträchtlich weiter nach oben fort als in den flachgelagerten Flözen mit Sandsteinhangendem. Die Spannung des Gewölbes ist also bei Schieferhangendem größer als bei Sandsteinhangendem, und entsprechend entwickeln sich auch die Gewölbeformen. In den Tonschiefern entstehen steilere, in den festern Sandsteinen flachere Bogen, und bei Sandschiefer ergibt sich gemäß seiner Tragfähigkeit eine mittlere Spannung des Druckgewölbes. Die Form des Druckgewölbes ist jedoch nicht nur von der Beschaffenheit des Nebengesteins, sondern auch von dem Einfallen der Schichten abhängig. Nach den vorhergehenden Ausführungen über das Auftreten geöffneter Schlechten und Drucklagen in Flözen mit verschiedenem Nebengestein und Einfallen muß in einem Flöz in steiler Lagerung mit Schieferhangendem die Form des Druckgewölbes flacher sein als in einem flachgelagerten Flöz mit Sandstein- und Schieferhangendem. In den steilgelagerten Flözen ist die Reichweite der Abblätterung der hangenden Schichten beträchtlich geringer, und darauf ist die flache Form der Druckgewölbe in steilgelagerten Abbaubetrieben zurückzuführen. Nach dem Einfallen des Kämpfers richtet sich seine

Wirkung auf den Kohlenstoß. Die unter einem Winkel einfallende Kämpferkraft zerlegt sich nach dem Parallelogramm der Kräfte in eine seitlich und eine senkrecht von oben nach unten wirkende Kraft. Das Verhältnis zwischen diesen beiden Kräften verschiebt sich bei einer Veränderung des Einfallwinkels erheblich. Je steiler das Einfallen, desto größer ist die senkrecht und desto geringer die seitlich wirkende Kraft. Auf die senkrechte Kraft allein ist die Bildung von Drucklagen zurückzuführen, die vom Hangenden ausgehen. Je größer diese senkrechten Kräfte sind, desto stärker entwickeln sich die Drucklagen.

Das Zusammenbrechen der einzelnen Gewölbe, wie es im Mansfelder Kupferschieferflöz in bestimmten Abständen erfolgt, hat sich in Flözen mit Schieferhangendem nicht feststellen lassen. Dies ist auch wegen der geringen Abmessungen, die die Gewölbe hier im Verhältnis zu denen von Mansfeld haben, nicht zu erwarten. Die abgeblätterten elastischen Schiefer werden sich auf den Versatz legen und diesen zusammenpressen. Die das Gewölbe bildenden Schichten folgen langsam, ohne daß es zu einem plötzlichen Zusammenbruch kommt. Bei Sandsteinhangendem dagegen sind ähnliche Erscheinungen wie bei Mansfeld aufgetreten. Je nach der Festigkeit des Sandsteins setzt sich das Hangende in Abständen von 10 bis 25 m. Dieser Vorgang wiederholt sich in den einzelnen Flözen fast regelmäßig in den angegebenen Abständen und ist auch stets mit donnerähnlichen Geräuschen verbunden, die in erster Linie auf dem Abreißen der absinkenden Hangendschichten beruhen. Da in den flachgelagerten Flügeln der Flöze Franziska und Hermann, deren Hangendes aus Sandstein besteht, nach Öffnung der Schlechten infolge der Schleppung der Kohle durch das Liegende mit fortschreitendem Abbau deutliche, vom Hangenden ausgehende Drucklagenbildung eintritt, so daß sich ein derartiger Strebstoß kaum noch von einem Strebstoß mit Schieferhangendem unterscheidet, liegt die Vermutung nahe, daß in Flözen mit diesem Nebengestein ähnlich wie im Mansfeldschen mit fortschreitendem Abbau die Form des Druckgewölbes steiler wird. Meines Erachtens ist diese Erscheinung auf das periodische Setzen des Hangenden, das Abreißen der Schichten in bestimmten Zeitabständen, zurückzuführen, wodurch der eingebrachte Bergeversatz immer stärker zusammengedrückt wird. Entsprechend vergrößern sich die Reichweite der Abblätterung des Hangenden und die Pfeilhöhe des Druckgewölbes.

In gleicher Weise wie im Abbau bildet sich auch über den Abbaustrecken ein benachbartes Druckgewölbe, dessen Achse in der Streichrichtung des Flözes verläuft.

Das Emporquellen der Liegendschichten wird demnach nicht durch eine im Gestein vorhandene Expansivkraft hervorgerufen, sondern ist lediglich als eine Folge statischer Druckwirkungen zu betrachten. Durch den Kämpferdruck werden nachgiebige Liegendschichten zusammengepreßt, ein Vorgang, den dünne Kohlenstreifen zwischen den Liegendschichten — die Kohle besitzt bekanntlich eine gewisse Elastizität und läßt sich zusammendrücken — oder das Vorhandensein eines Flözes in geringer Entfernung von den im Abbau befindlichen stark fördern. In sämtlichen Flözen, in denen das Quellen des Gebirges eine bekannte Erscheinung ist, besteht das Liegende aus Schieferschichten, zwischen denen in den meisten Fällen in einer Entfernung von 1 bis 2 m von dem Flöz dünne Kohlenstreifen von 5 bis 15 cm Mächtigkeit auftreten. Die beiderseitig durch die Kämpfer des Gewölbes eingespannte Liegendplatte wird auf Biegung beansprucht. Das Biegungsmoment ist bei den einzelnen Gesteinarten verschieden und hängt von dem Grade ihrer Elastizität ab. Bei Schieferliegendem tritt das Quellen stärker hervor als bei den festern Sandschiefern, während man es bei den bankigen Sandsteinen, denen zwar noch ein gewisses Maß von Elastizität eigen ist, sehr selten beobachtet. Bei Gesteinen von gleicher Beschaffenheit hängt das Maß der Durchbiegung der Schichten von der Größe der in diesem Sinne wirkenden Kraft, also von der Form des Druckgewölbes ab. Infolgedessen ist die Wanderung des Liegenden sowohl im Abbauraum als auch in den Abbaustrecken in dem steilen Flügel eines Flözes, in dem das Abbaugewölbe sehr flach einfällt, beträchtlich geringer als in den flachen Flügeln desselben Flözes.

Mithin dürfte kein Zweifel bestehen, daß auch in der untern Fettkohlengruppe die Entstehung der vom Hangenden ausgehenden Drucklagen auf die Kämpferkräfte eines sich über dem Abbauraum bildenden Druckgewölbes zurückzuführen ist. Die gleichen Kräfte beanspruchen nachgiebige liegende Schichten auf Biegung, wodurch die Öffnung der Schlechten und die Bildung der vom Liegenden ausgehenden Drucklagen erfolgt.

Nutzanwendung der aufgestellten Theorie.

Die verschiedenen Einflüsse auf die Öffnung der Schlechten und die Bildung der Drucklagen.

Bergeversatz.

Voraussetzung für die Entstehung eines Druckgewölbes ist das Vorhandensein von widerstandsfähigen Stützpunkten, die einerseits durch den Kohlenstoß, anderseits durch den nachgeführten Bergeversatz gebildet werden können. Zur Gewinnung derartiger Stützpunkte ist nach meiner Ansicht das Einbringen von Vollversatz nicht in allen Fällen erforderlich. Bei gewissen Nebengesteinverhältnissen wird man hiervon absehen können, und zwar in den Flözen mit Schieferhangendem, in denen die Absenkung der elastischen Schichten bereits bei einer Breite des Abbauraumes von 2 bis 3 Feldern (1 Feld = 1,5 m) stattfindet. Werden in dieser Entfernung vom Kohlenstoß wandernde Holzpfeiler oder Bergemauern als Stützpunkte nachgeführt, so erfolgt die Absenkung des Hangenden und die dadurch eingeleitete Gewölbebildung zwischen dem Kohlenstoß und den eingebrachten Stützpunkten und ein Abreißen der Hangendschichten jenseits der Stützpunkte bleibt ohne Einfluß auf die Entstehung des Druckgewölbes. Man kann daher annehmen, daß in Flözen mit Schieferhangendem auch beim Abbau ohne Vollversatz auf diese Weise eine gute Drucklagenbildung möglich sein wird.

Anders liegen die Verhältnisse in Flözen mit Sandsteinhangendem. Bei diesem Nebengestein erfolgt die Absenkung des Hangenden als einleitender

Vorgang zur Gewölbebildung je nach der Tragfähigkeit des Sandsteins erst nach einem Abbaufortschritt von 10 bis 25 m; in dieser Entfernung vom Kohlenstoß müßte man also den nächsten wandernden Stützpunkt einbringen. Aus sicherheitstechnischen Gründen wird dieses Verfahren nicht durchführbar sein, da man einen gewissen Höchstabstand zwischen Kohlenstoß und Bergeversatz nicht überschreiten darf, der jedoch für eine Absenkung innerhalb des Abbauraumes in keinem Fall genügen wird. Um die Gewähr zu haben, daß sich das abreißende Gebirge ohne Rücksicht auf die wechselnde Entfernung, in der es sich im Versatzfeld absetzt, stets auf einen sichern, widerstandsfähigen Stützpunkt auflegen kann, muß man in diesen Flözen Vollversatz nachführen. Jedoch ist darauf zu achten, daß der Versatz nicht zu fest unter das Hangende eingebracht und hierdurch die Gewölbebildung unmöglich gemacht wird. Bei Handversatz wird dies niemals der Fall sein, dagegen besteht die Möglichkeit, daß bei besonders dichtem, maschinenmäßig eingeführtem Versatz die Absenkung nicht eintritt. Damit wäre aber die Bildung des Druckgewölbes sowie die Entstehung von Drucklagen und die Öffnung der Schlechten unterbunden. Von diesem Gesichtspunkte aus dürfte in Flözen mit Sandsteinhangendem machinenmäßig eingeführter Bergeversatz, falls er sehr dicht und fest wird, nicht zu empfehlen sein.

Abbaugeschwindigkeit.

Im Rahmen dieser Arbeit sollen nur die Vor- und Nachteile einer geringern oder größern Abbaugeschwindigkeit für die Bildung von Drucklagen und die Öffnung der Schlechten erörtert werden, ohne Rücksicht auf sicherheitliche und wirtschaftliche Wirkungen, die mit der einen oder andern Verhiebart verbunden sein können. Das Druckgewölbe entsteht unmittelbar nach der Absenkung der Hangendschichten, und zu gleicher Zeit erfolgt die Bildung der Drucklagen sowie die Öffnung der Schlechten. Bei Schieferhangendem treten diese beiden Vorgänge sofort nach der Hereingewinnung der Kohle ein. Schneller Verhieb wird also in dieser Beziehung die Drucklagenbildung und die Öffnung der Schlechten nicht im ungünstigen Sinne beeinflussen. Dagegen wird bei langsamem Verhieb die Absenkung stärker, und es entstehen vorzeitig Risse im Hangenden, womit zum mindesten eine starke Beanspruchung des Ausbaus verbunden ist. In Flözen mit Schieferhangendem muß man daher, sofern das Einfallen und die Mächtigkeit der Flöze es gestatten, auf einen schnellen Abbaufortschritt bedacht sein.

In Flözen mit Sandsteinhangendem und Schieferliegendem ist zunächst bei der Inangriffnahme eines Betriebspunktes bis zum ersten Setzen des Hangenden die Kohle fest. Weder zeigen sich Drucklagen, noch sind die Schlechten geöffnet, ungeachtet, ob der Abbau langsamer oder schneller fortschreitet. Bei raschem Verhieb wird jedoch dieser Zustand eher überwunden sein. Nach dem ersten Setzen des Gebirges öffnen sich die Schlechten, und es bilden sich zuerst die vom Liegenden ausgehenden Drucklagen. Bei jedem weitern Setzen kommen die Drucklagen und Schlechten immer deutlicher zum Vorschein, bis sie schließlich ein gewisses Höchstmaß erreichen, von dem ab auch Drucklagen auftreten, die vom Hangenden ausgehen. Nach dem ersten Setzen des Hangenden wird durch den schnellen Verhieb die Drucklagenbildung bzw. die Öffnung der Schlechten und damit auch die wirtschaftliche mechanische Gewinnung des Flözes nicht mehr beeinträchtigt. In den gekennzeichneten Flözen läßt sich einwandfrei feststellen, daß nach mehrmaligem Setzen, wenige Stunden nach der Hereingewinnung der Kohle die neue freigelegte Abbaufront Drucklagen und geöffnete Schlechten aufweist. Demnach ist auch in Flözen mit Sandsteinhangendem und Schieferliegendem nach Erreichung dieser Grenze die Abbaugeschwindigkeit ohne schädlichen Einfluß auf den Gang der Kohle. Um möglichst schnell diesen Grenzpunkt zu erreichen, der hauptsächlich von dem im Einzelfalle von der Tragfähigkeit des Hangenden abhängigen Zeitbedarf bis zum ersten Setzen des Gebirges bestimmt wird, empfiehlt es sich, nach einigen Metern Abbaufortschritt das erste Setzen des Hangenden künstlich durch Herunterschießen der Schichten über dem Versatz in die Wege zu leiten.

In Flözen mit Sandsteinhangendem und Sandsteinliegendem wird sich der schnelle Verhieb ungünstig auswirken. Die Bildung von Drucklagen und die Öffnung der Schlechten durch die Wanderung des Liegenden fallen fort. Drucklagenbildung ist allein durch die Kämpferkraft selbst zu erwarten, die sich erst langsam mit fortschreitendem Verhieb nach mehrmaligem Setzen des Hangenden geltend macht. In diesen Flözen wird daher dem langsamen Verhieb der Vorzug zu geben sein.

Verlauf der Abbaulinie.

In Flözen mit Schieferhangendem rufen in erster Linie die Drucklagen den guten Gang der Kohle hervor. Bei diesem Nebengestein braucht man daher auf eine besondere Stellung des Stoßes keine Rücksicht zu nehmen, weil sich die Drucklagen nach dem Verlauf der Abbaulinie richten. Bei Sandsteinhangendem dagegen beruht der gute Gang der Kohle hauptsächlich auf der Öffnung der Schlechten, und es erhebt sich die Frage, ob dieser Vorgang durch Anpassung des Stoßes an den Verlauf der Schlechten gefördert werden kann. Vor einigen Jahren hat man auf der Zeche Holland Versuche zur Einführung des Schrägbaus angestellt, um in den steil gelagerten Betrieben einen schnellern Abbaufortschritt zu erreichen. In den nach Norden einfallenden Flözen Elise und Franziska mit Sandsteinhangendem und Schieferliegendem hat sich der Schrägbau in den nach Osten vorrückenden Streben, also denjenigen Betrieben, die in der Streichrichtung der Schlechten und in der Richtung ihres Einfallens vorgehen, nicht einführen lassen. Die Kohle lief aus, und zwar wurde die Zerstörung des Ausbaus und des Verzuges nicht allmählich durch die Last der abgedrückten Kohlenlagen hervorgerufen, sondern sie erfolgte explosionsartig mit starkem Geräusch. Der Ausbau und die vollständig zermürbte Kohle wurden in den Abbau hineingeschleudert, wobei im allgemeinen die Zerstörungen in der Mitte des Strebs am stärksten waren. Nachdem man den Stoß wieder gerade gestellt hatte, hörten diese Erscheinungen zwar nicht auf, waren aber dem Umfange nach geringer und in ihren Wirkungen weniger gefährlich. Aus diesem Beispiel geht hervor, daß im Nordflügel in Flözen mit Sandsteinhangendem und Schieferliegendem eine Anpassung des Abbaustoßes an den Verlauf der

schlechten keineswegs erforderlich ist, daß vielmehr in diesen Flözen von einer Schrägstellung des Stoßes in Richtung der Schlechten und ihres Einfallens Abstand genommen werden muß. Die Ursache dieses Vorganges ist, wie später näher erläutert wird, das Vorrücken des Abbaustoßes in der Richtung und im Einfallen der Schlechten.

Länge der Strebfront

In den Schüttelrutschenbetrieben der Zeche Holland hat sich ein regelmäßiger Wechsel der Gewinnbarkeit der Kohle in der von Spackeler geschilderten Art, daß die obern und untern 10 bis 15 m der Abbaufront wegen Fehlens von Drucklagen und geöffneten Schlechten sehr fest sind, nicht beobachten lassen. Diese Erscheinung tritt sehr selten hervor. Auf ein besonders kennzeichnendes Beispiel sei nachstehend hingewiesen.

Im Flöz Hermann wurde in der ersten westlichen Abteilung ein Streb von Ort 7 nach der 8. Sohle in Betrieb genommen. Der darunter liegende Teil des Flözes von der Teilsohle bis Ort 7 stand noch unverritzt an. Das Hangende bestand aus Sandstein, das Liegende aus Schiefer. Das Flöz fiel in den untern 20 m mit 20°, in den obern 60 m mit 30–35° ein. Nach dem ersten Setzen des Hangenden zeigten sich in den obern 60 m der Abbaufront geöffnete Schlechten sowie Drucklagen, die beide infolge Schleppung der Kohle durch das Liegende zur Entwicklung gekommen waren. Die untern 20 m des Strebs blieben fest (Abb. 13). Die Kohle hatte ein grobkristallines Gefüge sowie grauen, metallischen Glanz und mußte geschossen werden. Die gleiche Struktur zeigte die Kohle in dem untern Ort, das dem Streb 6 m vor-

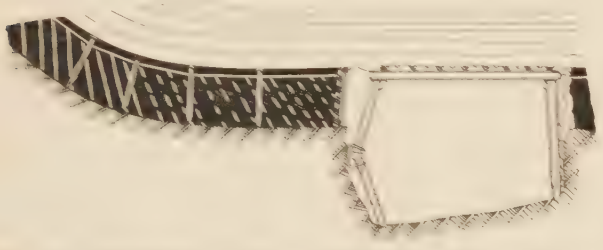


Abb. 13. Schlechten in einem Streb des Flözes Hermann vor der Entstehung des Strecken-Druckgewölbes.

anstand. Nachdem der Abbau 50 m weit zu Felde gerückt war, änderte sich langsam das Bild. Auch in den untern 25 m traten geöffnete Schlechten hervor, und die Kohle ließ sich mit dem Abbauhammer hereingewinnen. Von diesem Zeitpunkt an war auch in dem Ort die Kohle mit dem Abbauhammer gewinnbar. Kurz vor der Öffnung der Schlechten in den untern 20 m und auch im Ort zeigten sich am untern und obern Streckenstoß feine Rißbildungen, die durchgehend parallel zu der Strecke verliefen. Diese Erscheinung war darauf zurückzuführen, daß das Hangende des Strebs nicht wie gewöhnlich am obern Streckenstoß, sondern an der schwächsten Stelle, an der das Einfallen wechselte, abriß. Die letzten 20 m standen außerhalb der Wirkung des Druckgewölbes und seiner Kämpferkräfte. Das Hangende der Abbaustrecke, das an dem untern anstehenden Kohlenstoß ein festes Widerlager hatte, trug bei einer Breite von 20 m bis zu einer streichenden Erstreckung von 5[illegible] m, alsdann setzte es sich zu beiden Seiten der Strecke ab. Die letzten 20 m der Abbaufront wurden nunmehr auch in den Bereich des Abbaugewölbes einbezogen, und über der Strecke bildete sich gleichzeitig das benachbarte Gewölbe, das den Gang der Kohle in dem vorgesetzten Ort hervorrief (Abb. 14).

Die geschilderten Vorgänge sind ein besonders einleuchtender Beweis für meine Auffassung, daß die Wanderung des Liegenden durch die Kämpferkräfte hervorgerufen wird. Nur soweit das Druckgewölbe reichte und die Kämpferkräfte die Liegendschichten auf Biegung beanspruchten, zeigten sich geöffnete Schlechten und Drucklagen. Erwähnt sei noch, daß in demselben Flöz von der 9. Sohle bis zur Teilsohle zwei Streben von 150 m flacher Bauhöhe in Betrieb sind, bei denen dieser Unterschied der Kohlenfestigkeit in dem untern Teil der Abbaufront nicht hervorgetreten ist. In diesen beiden Streben wird

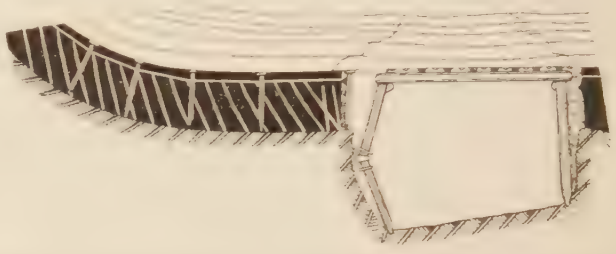


Abb. 14. Entwicklung der Schlechten nach der Entstehung des Strecken-Druckgewölbes.

in den dazu gehörigen Örtern das Hangende nachgeschossen, wodurch die Abbruchkante für das Hangende des Strebs und damit die Grenze für das Druckgewölbe im Abbau festgelegt ist. Die Möglichkeit einer unregelmäßigen Entwicklung der beiderseitigen Gewölbe und gleichzeitig auch die ungünstigen Einflüsse auf die Bildung der Drucklagen und die Öffnung der Schlechten im Streb und im Ort fallen daher fort. Durch Nachschießen des Hangenden wären auch in den untern 20 m des Strebs nach dem ersten Setzen des Gebirges Drucklagenbildung und Öffnung der Schlechten zu erreichen gewesen.

Reihenfolge des Abbaus.

Im allgemeinen besteht die Regel, die Flöze in der Reihenfolge vom Hangenden zum Liegenden abzubauen. Diese Regel läßt sich nach den Erfahrungen auf der Zeche Holland nicht für alle Fälle aufrechterhalten. Eine Beeinträchtigung in den Abbauwirkungen zweier benachbarter Flöze findet bei einem Mindestabstand zwischen beiden statt, der je nach dem Flözeinfallen und der Beschaffenheit der dazwischenliegenden Schicht verschieden ist. Je steiler ein Flöz einfällt, desto kleiner ist das Maß der Absenkung der hangenden Schicht, desto kürzer die Reichweite seiner Abbauwirkungen und desto geringer die Beeinträchtigung der ursprünglichen Lagerungsverhältnisse des hangenden Flözes. Bei vorangehendem Abbau des hangenden Flözes richtet sich die Stärke der Druckwirkungen auf das Liegende nach der Größe der Kämpferkraft, die bei steiler Lagerung geringer als bei flacher ist. Entsprechend weit reichen seine Abbauwirkungen auf die hangende Schicht des liegenden Flözes. Besteht die zwischengelagerte Schicht aus Schiefer, so ist bei zwei Flözgruppen mit gleichem Einfallen die Einwirkung auf die Abbaukräfte des benachbarten Flözes stärker als bei Sandstein. Im Grubenfelde der Zeche Holland hat man diese Erscheinungen der Zerstörung der wirksamen

Abbaukraft eines Flözes durch den vorangehenden Abbau des benachbarten Flözes beim Abbau der Flözgruppen Dickebank und Karoline sowie Präsident und Präsident-Unterbank beobachtet, die in den einzelnen Abteilungen verschieden, nämlich in einem Abstand von 20 bis zu 3 m voneinander abgelagert sind. Geht in der ersten der beiden erwähnten Gruppen in dem hangenden Flöz Karoline der Abbau voraus, so ist die Kohle in dem 1,50 m mächtigen Flöz Dickebank fest und muß geschossen werden. Beim Abbau in der umgekehrten Reihenfolge ist die Kohle in dem 60 bis 70 cm mächtigen Flöz Karoline fest. Auch bei Anwendung der Schießarbeit ist in diesem Flöz infolge seiner geringen Mächtigkeit eine wirtschaftliche Gewinnung nicht mehr möglich. Die gleiche Erscheinung zeigt sich beim Abbau der Flöze Präsident und Präsident-Unterbank. In dieser Gruppe muß das zweite Flöz im Abbau vorangehen, weil auch dieses wegen seiner geringen Mächtigkeit von 60 cm nur mit Hilfe des natürlichen Gebirgsdruckes wirtschaftlich zu gewinnen ist.

Zwei weitere Beispiele mögen zeigen, wie bei einem Wechsel des Einfallens gegebenenfalls eine Änderung in der Reihenfolge des Abbaus vorgenommen werden muß. In der fünften westlichen Abteilung sind in den drei wiederholt erwähnten untern Schüttelrutschenbetrieben von der 8. Sohle bis zur Teilsohle durch den vorangegangenen Abbau des liegenden Flözes Ernestine für den Abbau von Flöz August sehr schlechte Gebirgsverhältnisse entstanden. Die Kohle läßt sich zwar mit dem Abbauhammer gewinnen, das zerklüftete Hangende erfordert aber hohe Ausbaukosten sowie vorsichtiges Arbeiten, wodurch die Leistung stark beeinträchtigt wird. In dem steilern Flözteil sind Störungen bei gleicher Reihenfolge des

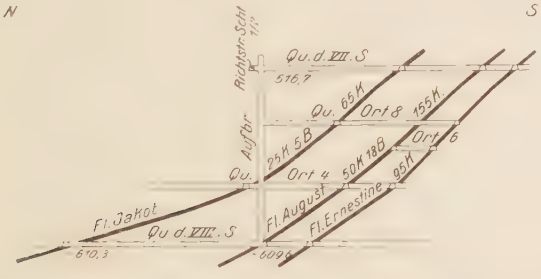


Abb. 15. Profil durch die zweite westliche Abteilung der Zeche Holland.

Abbaus nicht aufgetreten. Infolge der schlechten Erfahrungen in diesen drei Schüttelrutschenbetrieben soll in Zukunft das Flöz August im Abbau stets vorangehen. In den Schüttelrutschenbetrieben der ersten westlichen Abteilung hat man hiermit gute Erfahrungen gemacht. Die Kohle geht gut, es sind nur geringe Zerstörungen im Hangenden zu verzeichnen, der Verschleiß an eisernen Grubenstempeln ist geringer, die Leistung beträchtlich höher.

In der zweiten westlichen Abteilung wurden im Flöz August von Ort 4 der 8. Sohle bis zur 7. Sohle drei übereinanderstehende Strebstöße, von denen der obere 40 m und die beiden untersten 25 m flache Bauhöhe aufweisen, für den Abbau vorgerichtet (Abb. 15). Das Einfallen des Strebs betrug im Mittel 42°. Die Reihenfolge im Abbau der Flöze August und Ernestine sollte beibehalten werden. Die Kohle in diesen Betrieben blieb fest. Die Schießarbeit führte ebenfalls zu keinem Erfolg, weil hierdurch die gebräche Hangendschicht beunruhigt und der Ausbau zu stark beansprucht wurde. Die Verhältnisse änderten sich, seitdem Flöz Ernestine im Abbau voranging. Die Kohle war leicht mit dem Abbauhammer zu gewinnen, ohne daß starke Zerstörungen des Hangenden mit ihren unangenehmen Begleiterscheinungen hervortraten. Bei der zuerst gewählten Reihenfolge des Abbaus war infolge der steilen Lagerung das Maß der Absenkung der Hangendschicht sehr gering; das Abbaugewölbe verlief daher derart flach, daß seine Kämpferkraft keine Einwirkung auf den Kohlenstoß oder das Liegende auszuüben vermochte. Nach der Änderung der Reihenfolge ist das Maß der Absenkung beträchtlich größer geworden, und über dem gebrächen, gelockerten Schieferpacken bildet sich ein steileres Gewölbe, dessen Kämpferkraft den Gang der Kohle durch Bildung von Drucklagen hervorruft.

Aus den angeführten Beispielen geht hervor, daß eine allgemein gültige Regel für die Reihenfolge des Abbaus zweier benachbarter Flöze nicht aufgestellt werden kann, daß sie vielmehr von den Lagerungsverhältnissen und den technischen Hilfsmitteln abhängt, mit denen eine wirtschaftliche Gewinnung des im Abbau folgenden Flözes möglich ist.

Bergemittel.

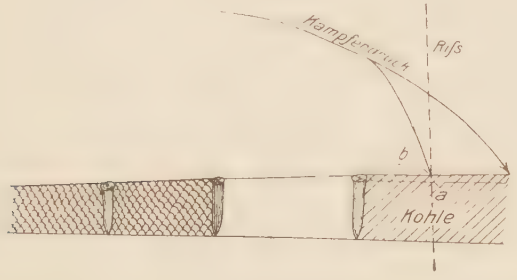
Schlechten, die an den eingelagerten Bergemitteln absetzen, findet man vorzugsweise in Flözen mit Sandsteinhangendem und Schieferliegendem. Sie werden infolge der Schleppung der Kohle durch das Liegende geöffnet, und dieser Bewegungsvorgang der liegenden Schicht wird an eingelagerten Bergemitteln aufgehalten, so daß sich in der Oberbank keine geöffneten Schlechten zeigen und die Kohle hier fest bleibt. Die Schlechten sind selbstverständlich auch in der Oberkohle vorhanden, aber das eingelagerte Bergemittel verhindert ihre Öffnung. Mit fortschreitendem Abbau, nach mehrmaligem Setzen des Gebirges und Steilerwerden des Gewölbes wird dann durch Bildung von Drucklagen der Gang in der Oberkohle hervorgerufen, wobei die Schlechten zum Teil auch in der Oberbank zum Vorschein kommen.

In Flözen mit Schieferhangendem, Sandsteinliegendem und eingelagerten stärkern Bergemitteln zeigt sich das umgekehrte Bild. Die Oberkohle geht infolge der Drucklagenbildung; die Kämpferkraft wird durch das Bergemittel aufgehalten oder wenigstens abgeschwächt, und die Unterkohle bleibt fest. In dem erwähnten Beispiel von Flöz Franziska hat das angebaute Bergemittel mit dem darunterliegenden Kohlenstreifen die Rolle einer nachgiebigen liegenden Schicht übernommen und durch Öffnung der Schlechten den Gang in der Oberkohle hervorgerufen. In einem andern Streb dieses Flözes ist das Bergemittel in zwei Bänken abgelagert. Die Oberbank besteht aus Brandschiefer und kann nicht angebaut werden. In diesem Abbaubetrieb bleibt die Oberkohle fest. Der Bewegungsvorgang des angebauten Mittels ist an dem darüberliegenden Mittel aufgehalten worden, so daß eine Öffnung der Schlechten in der Oberkohle nicht erfolgen kann.

Der Einfluß der Schlechten auf das Auftreten von Gebirgsschlägen.

Gebirgsschläge sind in den steil gelagerten Flügeln der Flöze Präsident, Elise und Franziska, deren Hangendes aus Sandstein und deren Liegendes

aus Schiefer besteht, eine bekannte Erscheinung. Sie kommen aber auch in den Flözen Dickebank und Sonnenschein mit Sandschieferhangendem vor. Man kann zwei Arten von Gebirgsschlägen unterscheiden, von denen die eine durch Abreißen des Hangenden über dem Kohlenstoß entsteht. Die Kämpferkraft des flach verlaufenden Abbaugewölbes verteilt sich auf eine bestimmte, in den Flözkörper hineinreichende Fläche. Durch das Abreißen der Schicht ändert sich dieses Belastungsverhältnis für den Kohlenstoß, indem die Kämpferkraft durch den entstandenen Riß auf eine kleinere Fläche wirkt (Abb. 16). Die plötzliche Erhöhung des Kämpferdruckes hat bei dem von donnerähnlichem Geräusch begleiteten Abreißen der



a belastete Fläche vor, b nach Entstehung des Risses.

Abb. 16. Erhöhung des Kämpferdruckes durch Rißbildung im Hangenden hinter dem Kohlenstoß.

hangenden Schicht eine Zerdrückung der Kohlenmassen zur Folge, die unter starker Staubentwicklung mit dem Ausbau in den Abbauraum hineingeschleudert werden.

Die zweite Art von Gebirgsschlägen hat sich in den steil gelagerten Flözflügeln, aber nur in den nach Norden einfallenden Abbaubetrieben, die von Westen nach Osten vorrücken, gezeigt. Die Wirkungen dieser Gebirgsschläge sind annähernd dieselben wie die der geschilderten Art, jedoch sind sie heftiger, folgen in kürzern Zeitabständen aufeinander und die Menge der hereingeschleuderten Kohlenmassen ist erheblich größer. Die Kraft, welche die Zerkleinerung und Herausschleuderung der Kohlenmassen hervorgerufen hat, kommt tiefer aus dem Stoß heraus. Besonders heftig treten diese Gebirgsschläge bei einer

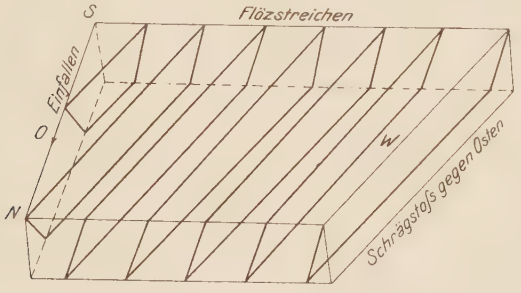


Abb. 17. Schrägstoß im Nordflügel eines Flözes beim Abbau von Westen nach Osten..

Schrägstellung des Stoßes in der Richtung des Verlaufes und des Einfallens der Schlechten auf. Da Risse im Hangenden bei diesen Gebirgsschlägen nicht zu beobachten sind, führe ich die explosionsartige Herausschleuderung der Kohlenmassen auf das Vorrücken des Abbaustoßes in der Richtung und im Einfallen der Schlechten zurück. In dem steil gelagerten Flügel dieser Flöze werden durch die Wanderung des Liegenden Drucklagen gebildet und die Schlechten geöffnet, aber nur in geringem Umfange, weil die Schleppung der Kohle entgegengesetzt dem Einfallen der Schlechten erfolgt. In diesen Rissen steigen die in der Kohle vorhandenen Gase empor, werden hier von der flach verlaufenden Kämpferkraft des Abbaugewölbes erfaßt und stark zusammengepreßt. In dem Augenblick, in dem der Druck der Gase stärker wird als die Widerstandskraft der vor den Gasen anstehenden Kohlenmassen, werden diese explosionsartig herausgeschleudert. Diese Auffassung deckt sich mit der Tatsache, daß derartige Gebirgsschläge besonders heftig bei einer Schrägstellung des Stoßes in der Richtung und im Einfallen der Schlechten, also bei einem Vorrücken des Abbaustoßes von Westen nach Osten auftreten (Abb. 17). In diesem Fall erfolgt

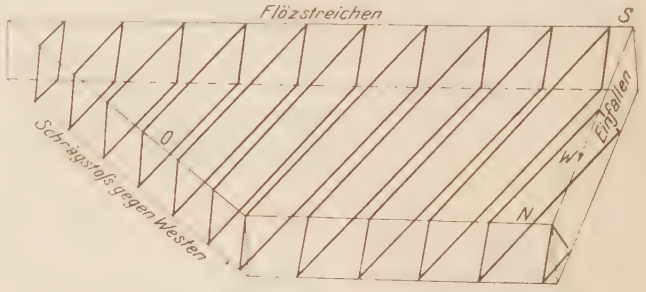


Abb. 18. Schrägstoß im Nordflügel eines Flözes beim Abbau von Osten nach Westen.

die Zusammenpressung der Gase senkrecht zu der Schlechtenebene am stärksten, und die Gebirgsschläge wiederholen sich in kürzern Zeitabständen. Bei gerader Stellung des Stoßes ist die Zusammenpressung geringer, Gebirgsschläge treten hier daher seltener auf und sind auch in ihren Wirkungen weniger gefährlich. In den von Osten nach Westen vorrückenden Abbaubetrieben werden sie nicht beobachtet. Hier bewegt sich der Abbau gegen die Richtung und gegen das Einfallen der Schlechten (Abb. 18). Die Öffnung der Schlechten durch das wandernde Liegende erfolgt in Richtung des Einfallens der Schlechten und wird dadurch günstiger. Die von zwei Schlechten begrenzten Kohlenkörper gleiten durch die Wanderung des Liegenden aufeinander. Dieser Bewegungsvorgang wird durch die

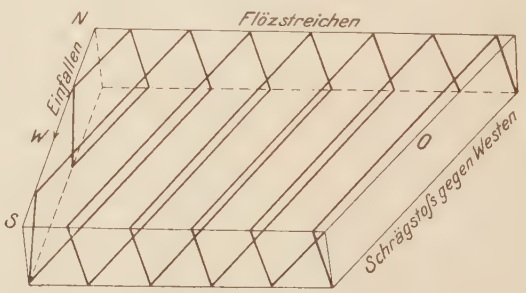


Abb. 19. Schrägstoß im Südflügel eines Flözes beim Abbau von Osten nach Westen.

in diesem Falle nicht zusammenpressend wirkende, flach verlaufende Kämpferkraft gefördert, welche die Lagen aufeinander abdrückt und dadurch die Öffnung der Schlechten begünstigt. Die Gase können entweichen, und somit ist die Entstehung dieser Art von Gebirgsschlägen nicht möglich. Aus demselben Grunde treten sie auch nicht beim Abbau eines nach Süden einfallenden Betriebes des steilen Flözteiles auf. Schreitet der Abbaustoß nach Westen vor, so

rückt er zwar in der Richtung, aber gegen das Einfallen der Schlechten vor (Abb. 19), deren Öffnung durch das Liegende in der Richtung ihres Einfallens erfolgt. Durch die seitlich wirkende Kämpferkraft wird dieser Öffnungsvorgang nicht gehindert, eine Zusammenpressung der Gase findet nicht statt. Auf der Ostseite der nach Süden einfallenden Flöze rückt der Abbaustoß zwar in der Richtung des Einfallens, aber entgegengesetzt zum Verlauf der Schlechten vor, so daß auch in diesen Betrieben die Zusammenpressung der Gase kein gefährliches Ausmaß annehmen kann (Abb. 20).

Aus diesen Ausführungen geht hervor, daß in den nach Norden einfallenden Flözen, in denen die Hauptschlechten von Südwesten nach Nordosten verlaufen

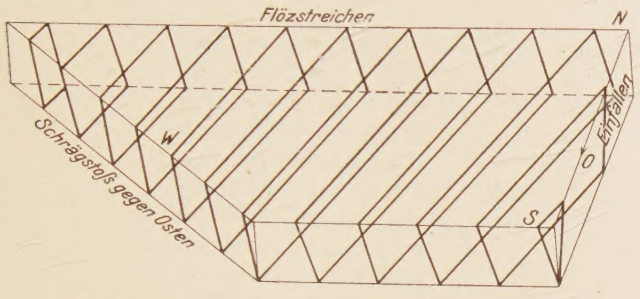


Abb. 20. Schrägstoß im Südflügel eines Flözes beim Abbau von Westen nach Osten.

und vorzugsweise nach Osten einfallen, zur Vermeidung derartiger Gebirgsschläge, im besondern bei Anwendung des Schrägbaus, zum einflügeligen Verhieb von Osten nach Westen übergegangen werden muß. In den nach Süden einfallenden Flözen ist die Durchführung des Schrägbaus auch bei zweiflügeligem Verhieb in der Richtung nach Osten und nach Westen möglich. In den flach einfallenden Flügeln dieser Flöze können derartige Gebirgsschläge nicht vorkommen, weil durch die steil einwirkende Kämpferkraft Drucklagen gebildet werden, die den Austritt der Gase aus der Kohle gestatten.

Zusammenfassung.

Die Beobachtungen im Grubenfelde der Zeche Holland über die Bildung von Schlechten und Drucklagen haben ergeben, daß die Schlechten sowohl in der Kohle als auch im Nebengestein vorkommen. Sie sind vermutlich durch dieselben Kräfte entstanden, welche die Faltung des Karbons hervorgerufen haben, und zwar sind sie vor der Faltung gebildet worden. Die Drucklagen sind auf die Kämpferkräfte eines sich über dem Abbauraum bildenden Druckgewölbes zurückzuführen, dessen Form und Wirkung von der Beschaffenheit des Nebengesteins und dem Einfallen der Flöze abhängen. Durch die Kämpferkraft des Druckgewölbes erfolgt auch die Öffnung der Schlechten, und zwar vorzugsweise infolge der Schleppung der Kohle durch die Wanderung des Liegenden, die dadurch eintritt, daß die Kämpferkräfte die beiderseitig eingespannte Liegendplatte auf Biegung beanspruchen.

Die Untersuchungen haben in der untern Fettkohlengruppe stattgefunden; die aufgestellte Theorie sowie die daraus gezogenen Nutzanwendungen gelten daher nur für Flöze dieser Gruppe.

Druck von C. W. Haarfeld, Essen

Lebenslauf.

Am 1. Juli 1895 wurde ich als Sohn des Landjägermeisters Adolf Ende und seiner Ehefrau Emma geb. Klaer in Groß-Bislav, Kreis Tuchel, Westpreußen, geboren. In Riesenburg, Westpreußen, dem spätern Wohnort meiner Eltern, erlangte ich die Reife für die Obersekunda, und im August 1914 bestand ich an der Oberrealschule St. Peter und Paul in Danzig das Abiturienten-Examen. Bei Ausbruch des Krieges trat ich freiwillig bei der Ersatzabteilung des Feld-Artillerie-Regiments Nr. 35 in Deutsch-Eylau, Westpreußen, ein. Im September 1914 rückte ich ins Feld, im Juli 1915 wurde ich schwer durch Lungenschuß verwundet. Nach meiner Entlassung aus dem Lazarett wurde ich dem Rekrutendepot meines Regiments überwiesen und rückte im Juli 1916 zum zweiten Male mit dem neu aufgestellten Feld-Artillerie-Regiment Nr. 250 ins Feld. Im März 1917 wurde ich zum Leutnant der Reserve der Feld-Artillerie befördert. Am 15. Januar 1919 wurde ich aus dem Heeresdienst entlassen. Im Sommersemester 1919 bezog ich die Bergakademie in Clausthal und bestand im November 1923 die Diplom-Hauptprüfung. Vom 10. Dezember 1923 bis zum 31. August 1924 war ich als Hilfssteiger und vorübergehend als Vertreter des beurlaubten Reviersteigers auf der Schachtanlage Königsborn 3/4 angestellt. Am 1. September 1924 ging ich als fachtechnischer Berater zu der Maschinenfabrik Hausherr-Söhne in Sprockhövel i. W. Seit dem 1. März 1925 bin ich als technischer Hilfsarbeiter auf der Zeche Holland der Vereinigte Stahlwerke A. G. tätig.